UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

GUILHERME LUIS BARDUCO

Avaliação da ocorrência de ilha de calor urbana no município de Taubaté, SP.

Versão original.

SÃO PAULO

2021

GUILHERME LUIS BARDUCO

Avaliação da ocorrência de ilha de calor urbana no município de Taubaté, SP.

Versão original.

Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia Física.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

B223a Barduco, Guilherme Luis
Avaliação da ocorrência de ilha de calor urbana no município de Taubaté, SP. / Guilherme Luis Barduco; orientador Emerson Galvani - São Paulo, 2021.
155 f.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Ilhas de Calor. 2. Transectos Móveis. 3. Clima Urbano. 4. Temperatura. 5. Uso do Solo. I. Galvani, Emerson, orient. II. Título.

Nome: BARDUCO, Guilherme Luis

Título: Avaliação da ocorrência de ilha de calor urbana no município de Taubaté, SP.

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre em
Geografia Física.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS.

A realização deste trabalho foi possível graças a colaboração de algumas pessoas instituições, as quais devo imensa gratidão.

- Primeiramente gostaria de agradecer ao Programa de Pos-Graduação em Geografia Física pelo apoio e pelas aulas que me fizeram amadurecer consideravelmente acerca da produção de conteúdo científico.
- Ao meu orientador e amigo, professor Dr. Emerson Galvani, excelente orientador e que, desde a graduação me fez crescer muito nessa caminhada.
- A minha família, com especial menção ao meu sogro Jorge e minha querida esposa Anelise, que me apoiaram e ajudaram nos trabalhos de campo, mesmo em condições climáticas adversas.
- Ao meu grande amigo Rogério, que foi fundamental em todos os momentos que precisei.
- A minha querida amiga Carol, que sempre me ajudou com todas as dúvidas que tive em relação aos procedimentos burocráticos, além de ser uma ótima companhia durante as aulas.
- Ao Edson “Edinho”, meu professor de Arcgis, que me ajudou e apoiou na idealização dos mapas.
- Ao grande amigo Alex, que me ajudou de forma significativa na confecção dos mapas e nas dicas em relação ao mestrado.
- A minha irmã Fernanda e meu cunhado Rafael, que me apoiaram na realização dos transectos da madrugada.
- A minha querida mãe, que me acolheu todas as vezes que necessitei de um lugar calmo para o desenvolvimento da dissertação.

RESUMO

A população mundial está próxima de atingir 8 bilhões de habitantes, porém, somente no século XXI a população urbana superou a população rural. Como o aumento das áreas urbanas mundiais, muitas facilidades foram alcançadas, contudo muitas adversidades fazem parte do dia a dia dos cidadãos, trânsito, violência, poluição. Uma das adversidades são as alterações causadas pela mudança da superfície e construção das cidades, que altera o clima local e favorece a ocorrência de ilhas de calor. O presente trabalho avaliou a ocorrência de ilha de calor na área urbana no município de Taubaté, localizado na região sudeste do estado de São Paulo, na região metropolitana do Vale do Paraíba. O estudo foi realizado com a adoção da metodologia de transectos móveis. Realizaram-se 18 transectos móveis, 9 durante o inverno e 9 durante o verão, simultâneos, com orientação de sul para norte e de oeste para leste durante o mês de julho de 2019, nos dias 18, 19 e 20, e janeiro de 2020, nos dias 02, 03, 04, 05 e 09, em três horários distintos do dia, as 5 horas e 10 minutos, as 14 horas as 20 horas. Foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar ao longo dos trajetos. A análise dos dados levou em consideração a variação da urbanização e uso do solo para verificar as diferenças de temperatura entre os pontos dos transectos. Os resultados demonstraram que as áreas mais urbanizadas são mais aquecidas que as áreas menos urbanizadas durante o período da tarde, noturno e da madrugada. As intensidades das ilhas de calor foram mais elevadas durante a estação de inverno que de verão, além de apresentar as maiores variações de umidade relativa. Em todos os percursos foram detectadas a ocorrência de ilhas de calor, contudo, dependendo do horário e da estação climática, com intensidades diferentes. Pôde-se concluir que a ilha de calor está presente na área urbana do município e que, as maiores intensidades ocorrem, principalmente no período noturno durante o inverno, enquanto que no verão, o período da tarde também apresentou importante variação de temperatura do ar, considerando os registros ao longo dos transectos.

Palavras Chave – Ilha de Calor – Transectos Móveis – Clima Urbano.

ABSTRACT

The world population is close to reaching 8 billion inhabitants, however, only in the 21st century the urban population surpassed the rural population. As urban areas worldwide increase, many facilities have been achieved, however many adversities are part of the daily lives of city dwellers, traffic, violence, pollution. One of the adversities is the alterations caused by the change in the surface and construction of cities, which alters the local climate and favors the occurrence of heat islands. The present work evaluated the occurrence of heat islands in the urban area in the city of Taubaté, located in the southeast region of the state of São Paulo, in the metropolitan region of Vale do Paraíba. The study was carried out with the adoption of the mobile transects methodology. 18 mobile transects were carried out, 9 during winter and 9 during summer, simultaneously, with orientation from south to north and west to east during the month of July 2019, on the 18th, 19th and 20th, and January 2020, on the 2nd, 3rd, 4th, 5th and 9th, at three different times of the day, 5 hours and 10 minutes, from 2 pm to 8 pm. Temperature and relative humidity data were collected along the paths. Data analysis took into account the variation of urbanization and land use to verify the differences in temperature between the points of the transects. The results showed that the more urbanized areas are warmer than the less urbanized areas during the afternoon, night and dawn. The intensities of the heat islands were higher during the winter season than during the summer season, in addition to presenting the largest sweeps of relative humidity. On all routes, the occurrence of heat islands was detected, however, depending on the time and weather season, with different intensities. It was concluded that the heat island is present in the urban area of the city and that the highest intensities occur, mainly at night during the winter, while in the summer, the afternoon period also presented an important variation in air temperature, considering the records along the transects.

.Keywords: Heat Island – Mobile Transects – Urban Climate

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ICUs – Ilhas de Calor Urbanas.

ICU – Ilha de Calor Urbana

IDW - Inverse Distance Weighting.

EMA – Estação Meteorológica Automática do INEMET – Taubaté.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Cwb - clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado.

mTa – Massa Tropical Atlântica.

mPa - Massa Polar Atlântica.

Tms – Transectos móveis

Tar – Temperatura do ar

Uar – Umidade relativa do ar

INDÍCE DE FIGURAS.

Figura 1: Estrutura da Ilha de Calor Atmosférica	41
Figura 2: Tipos de Ilhas de Calor.	42
Figura 3: Comparação do uso de transectos móveis e pontos fixos para a mensuração da temperatura do ar.....	45
Figura 4: Níveis de urbanização sendo que A é o menos urbanizado e D o mais urbanizado – Transecto sul-norte.	52
Figura 5: Níveis de urbanização sendo que A é o menos urbanizado e D o mais urbanizado – Transecto oeste-leste.	52
Figura 6: Abrigos fixados no automóvel.....	56

INDÍCE DE TABELAS.

Tabela 1: Valores de temperatura do ar: média, mínima e máxima no intervalo entre 1992 e 2005.....	25
Tabela 2: Relação de tipos de estabelecimentos e seus respectivos vínculos empregatícios... 30	
Tabela 3: Velocidade média dos Tms na estação de inverno.....	47
Tabela 4: Velocidade média dos Tms na estação de verão.	47
Tabela 5: Descrição e características dos pontos dos transectos Oeste-Leste.....	49
Tabela 6: Descrição e características dos pontos dos transectos Oeste-Leste.....	51
Tabela 7: Intensidade da Ilha de Calor	57
Tabela 8: Intensidade da ICU de acordo com os horários dos Tms – inverno.....	147
Tabela 9: : Intensidade da ICU de acordo com os horários dos Tms – verão.....	147

INDICE DE IMAGENS

Imagem 1: Imagens do satélite GOES demonstrando a passagem do sistema frontal nos dias que antecederam os Tms.	59
Imagem 2: Imagens do satélite GOES demonstrando a nebulosidade da região onde está inserida a área de estudo.....	61

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Localização do município de Taubaté e da área de estudo.	22
Mapa 2: Localização da Bacia de Taubaté e os municípios sobre a região.	23
Mapa 3: Evolução da mancha urbana entre 1985 e 2018.....	27

Mapa 4: Tipos de usos do solo da área de estudo	46
Mapa 5: Topografia da área de estudo.	54
Mapa 6: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019.....	66
Mapa 7: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019.....	67
Mapa 8: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 18/07/2019.	71
Mapa 9: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 18/07/2019	72
Mapa 10: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas em 18/07/2019.	75
Mapa 11: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas em 18/07/2019 ..	76
Mapa 12: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019.....	79
Mapa 13: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019.....	80
Mapa 14: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 19/07/2019. ...	83
Mapa 15: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 19/07/2019	84
Mapa 16: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 19/07/2019. ...	88
Mapa 17: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 19/07/2019.	89
Mapa 18: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019.....	93
Mapa 19: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019.....	94
Mapa 20: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 20/07/2019	97
Mapa 21: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 20/07/2019..	98
Mapa 22: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 20/07/2019. .	101
Mapa 23: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 20/07/2019	102
Mapa 24: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos do dia 02/01/2020.....	106
Mapa 25: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 02/01/2020.....	107
Mapa 26: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 03/01/2020.	111

Mapa 27: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 03/01/2020.	112
Mapa 28: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 02/01/2020 ..	116
Mapa 29: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados 20 horas do dia 03/01/2020	117
Mapa 30: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 04/01/2020.....	121
Mapa 31: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 02/01/2020.....	122
Mapa 32: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 05/01/2020.....	126
Mapa 33: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 05/01/2020.....	127
Mapa 34: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 05/01/2020	130
Mapa 35: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 05/01/2020.....	131
Mapa 36: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 05/01/2020 ..	135
Mapa 37: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 05/01/2020	136
Mapa 38: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 09/01/2020 ..	140
Mapa 39: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 09/01/2020	141
Mapa 40: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 09/01/2020 ..	144
Mapa 41: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 09/01/2020	145

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Variação mensal da temperatura média do ar e do total de precipitação para o município de Taubaté, SP.....	25
Gráfico 2: Variação mensal da temperatura média do ar e do total de precipitação para o município de Taubaté. SP.....	26
Gráfico 3: Variação de altitudes ao longo do Tms Oeste-Leste.....	53
Gráfico 4: Descrição e características dos pontos dos transectos Sul-Norte.....	53
Gráfico 5: Calibragem dos sensores na estação de inverno	55

Gráfico 6: Calibragem dos sensores na estação de verão.....	55
Gráfico 7: Características da temperatura e umidade relativa do ar em 18, 19 e 20/07/2019..	60
Gráfico 8: Radiação solar global (KJ/m ²) em 18, 19 e 20/07/2019	60
Gráfico 9: Características da temperatura e umidade relativa do ar em 02, 03, 04, 05 e 09/01/2020.....	62
Gráfico 10: Radiação solar global (KJ/m ²) em 02, 03, 04, 05 e 09/01/2020	62
Gráfico 11: Precipitação nos dias dos transectos móveis de verão	63
Gráfico 12: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019.	64
Gráfico 13: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019	65
Gráfico 14: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5h e 10 minutos em 18/07/2019	68
Gráfico 15: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em	69
Gráfico 16: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 18/07/2019.....	70
Gráfico 17: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 18/07/2019	73
Gráfico 18: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 18/07/2019	74
Gráfico 19: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 18/07/2019.....	74
Gráfico 20: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 18/07/2019	77
Gráfico 21: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019	78
Gráfico 22: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019	78
Gráfico 23: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5h10 minutos em 19/07/2019	81
Gráfico 24: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 19/07/2019.....	82
Gráfico 25: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte 14 horas em 19/07/2019.....	82
Gráfico 26: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 19/07/2019.	85
Gráfico 27: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 19/07/2019.....	86

Gráfico 28: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 19/07/2019	87
Gráfico 29: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 19/07/2019.	90
Gráfico 30: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019	91
Gráfico 31: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019.	92
Gráfico 32: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5h10 minutos em 20/07/2019	95
Gráfico 33: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 20/07/2019.	96
Gráfico 34: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 20/07/2019	96
Gráfico 35: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 20/07/2019	99
Gráfico 36: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 20/07/2019.	99
Gráfico 37: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 20/07/2019	100
Gráfico 38: Intensidade da ICU nos transectos iniciados 20 horas em 20/07/2019.	103
Gráfico 39: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste – leste 5 horas e 10 minutos em 02/01/2020	104
Gráfico 40: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 02/01/2020	105
Gráfico 41: Intensidade da ICU nos transectos iniciados 5 horas e 10 minutos em 02/01/2020	108
Gráfico 42: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 03/01/2020	109
Gráfico 43: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 03/01/2020	110
Gráfico 44: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 03/01/2020	113
Gráfico 45: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 03/01/2020	114
Gráfico 46: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 03/01/2020	115
Gráfico 47: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 03/01/2020.	118

Gráfico 48: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 04/01/2020	119
Gráfico 49: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 05 horas e 10 minutos em 04/01/2020	120
Gráfico 50: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5 horas e 10 minutos em 04/01/2020.....	123
Gráfico 51: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-este as 5 horas e 10 minutos em 05/01/2020	124
Gráfico 52: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 05/01/2020	125
Gráfico 53: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5 horas e 10 minutos em 05/01/2020.....	128
Gráfico 54: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 05/01/2020	129
Gráfico 55: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 03/01/2020	129
Gráfico 56: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 05/01/2020.	132
Gráfico 57: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 05/01/2020	133
Gráfico 58: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 05/01/2020	134
Gráfico 59: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 120 horas em 05/02/2020.	137
Gráfico 60: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 09/01/2020	138
Gráfico 61: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 09/01/2020	139
Gráfico 62: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 09/01/2020.	142
Gráfico 63: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 09/01/2020	143
Gráfico 64: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 09/01/2020	143
Gráfico 65: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 09/01/2020.	146

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	JUSTIFICATIVA E OBJETIVO	19
2.1	Objetivos Específicos.	20
3	ÁREA DE ESTUDO	20
3.1	Aspectos naturais do meio físico: características geológicas e geomorfológicas	22
3.2	Características climatológicas	24
3.3	Características da vegetação	27
3.4	Aspectos sociais e econômicos	29
3.5	Industrialização	29
4	Características sociais e populacionais	31
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
5.1	Bibliografia específica com o uso de transectos moveis	35
5.2	O CLIMA URBANO	37
5.3	ILHAS DE CALOR	40
6	MÉTODO	43
7	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	44
7.1	Transectos móveis	45
	.....	53
7.2	Equipamentos	54
7.3	Calibragem	54
7.4	Procedimento de coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar	56
7.5	Procedimento para determinação da intensidade das ICUs	57
8	CARACTERÍSTICA CLIMÁTICA DOS DIAS DE COLETA DE DADOS DE INVERNO	58
8.1	Condições climáticas nos dias 18, 19 e 20/07/2019	58
	.....	60

8.2	Condições climáticas nos dias 2, 3, 4, 5 e 9/01/2020	60
9	RESULTADOS E DISCUSSÃO.	63
9.1	Tms em 18/07/2019 – Estação de Inverno.	63
9.2	Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos.....	64
9.3	Tms realizados a partir das 14 horas	68
9.4	Tms realizados a partir das 20 horas	73
	.....	74
10	Tms em 19/07/2019.....	77
10.1	Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos	77
10.2	Tms realizados a partir das 14 horas.....	81
10.3	Tms realizados a partir das 20 horas.....	85
11	Tms em 20/07/2019.....	90
11.1	Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos	90
11.2	Tms realizados a partir das 14 horas.....	95
11.3	Tms realizados a partir das 20 horas.....	99
	.....	102
12	TMS NA ESTAÇÃO DE VERÃO	103
12.1	Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos – 02/01/2020.....	103
13	Tms em 03/01/2020 – Estação de verão.....	108
13.1	Tms realizados a partir das 14 horas.....	108
13.2	Tms realizados a partir das 20 horas.....	113
14	Tms em 04/01/2020 – Estação de verão.....	118
14.1	Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos.	118
15	Tms em 05/01/2020 – Estação de verão.....	123
15.1	Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos.	123
15.2	Tms realizados a partir das 14 horas.....	128
15.3	Tms realizados a partir das 20 horas.....	132

16	Tms em 09/01/2020 – Estação de verão.....	137
16.1	Tms realizados a partir das 14 horas.....	137
16.2	Tms realizados a partir das 20 horas.....	142
17	CONCLUSÃO.	147
18	. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

1 INTRODUÇÃO

A cidade é considerada como o local de ocorrência dos principais problemas sociais e ambientais do planeta. Segundo dados da Population Reference Bureau (PRB), a população planetária atingiu, no final de 2020, cerca de 7 bilhões e 800 milhões de habitantes. Desse total, aproximadamente 55 % vivem em cidades, segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU) de 2019. Embora as cidades não ocupem grandes parcelas territoriais, cerca de 2,8 % da superfície da Terra (JATOBÁ, 2011), as áreas urbanas concentram parte importante das atividades econômicas e sociais mundiais. Nelas ocorrem as maiores transformações ambientais materializadas através da alteração do solo, do fluxo dos rios e córregos ou sua canalização, da cobertura vegetal original, da morfologia do relevo e na emissão de poluentes.

No Brasil, a urbanização se intensificou após a Segunda Guerra Mundial. Segundo Santos (1993) o desenvolvimento das infraestruturas necessárias à atração de capital estrangeiro, como rodovias, geração de eletricidade, entre outros, acelerou, a partir da década de 1950, o processo de urbanização do país. Desde a década de 70, a maior parte da população reside em áreas urbanas (STAMM et al. 2013), por esta razão, grande parte dos brasileiros estão sujeitos as alterações ambientais que ocorrem nas cidades.

As alterações ambientais causadas pela urbanização afetaram o clima local de forma intensa, produzindo efeitos e transformações, como o surgimento de Ilhas de Calor Urbanas (ICUs). Para Oke (1978) as ICUs ocorrem devido ao processo de urbanização que causa modificações no armazenamento do calor, no balanço hídrico, além de alterar o regime dos ventos, causando diferenças térmicas entre áreas mais urbanizadas, quando comparadas com áreas menos urbanizadas. Na definição de Gartland (2010, p.09), as ICUs “... são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do solo do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas”. Em áreas localizadas em baixas latitudes, devido a maior incidência de radiação solar, a ICU pode ser potencializada.

No Brasil, 84,72% de sua população vive em áreas urbanas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). Para os moradores das áreas urbanas, as questões ambientais são um dos diversos problemas enfrentados, portanto a investigação da ocorrência de Ilhas de Calor, por exemplo, é tão pertinente para futuras iniciativas que visem mitigar tais fenômenos e melhorar a qualidade ambiental das cidades. Em algumas cidades de latitudes médias e altas o efeito da ilha de calor pode ser benéfico em relação ao aumento das temperaturas mínimas no inverno, contudo outros problemas oriundos das ICUs, relacionados

com o aumento da poluição, nebulosidade superam os benefícios do aumento da temperatura do ar (Tar), (Landsberg 2006).

Corroborando com as características da população urbana do Brasil, a área de estudo escolhida para a investigação da ocorrência de ICUs, foi o município de Taubaté. A escolha dessa área está relacionada às características que favorecem a ocorrência do fenômeno, pois sua urbanização não contou com um planejamento que pudesse evitar problemas relacionados ao aumento da temperatura do ar nas áreas urbanizadas. O planejamento foi incapaz de dar conta dos problemas, pois seu crescimento está inserido em mudanças econômicas de âmbito nacional e mundial (SANTOS, 1993), que sobrepõem questões relacionadas à qualidade de vida dos cidadãos. Além disso, a população de Taubaté é de 97,8 % urbana, parcela mais afetada pelo fenômeno da ICUs.

2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

Atualmente Taubaté é considerada uma cidade de porte médio, pois possui aproximadamente 318 mil habitantes (IBGE, 2020), com cerca de 98% da população sendo urbana e apenas 2% sendo rural. Poucos estudos foram produzidos acerca do clima urbano e da ocorrência de ICUs em Taubaté ou no Vale do Paraíba. Tarifa (1981) analisou a ocorrência de ilha de calor no município de São José dos Campos, distante trinta quilômetros de Taubaté. Alexandrino (2017) analisou a ocorrência de ilhas de calor de superfície e seu vínculo com a proliferação do mosquito transmissor da Dengue.

A história do desenvolvimento do município também instiga a pesquisa sobre o seu clima urbano, pois seu crescimento se deu de forma acelerada, principalmente após a segunda metade do século XX, contudo os planos diretores desenvolvidos para guiar o crescimento não foram suficientes para determinar uma ocupação correta do espaço e, como aponta Cesar Junior (2013), os planos diretores não foram seguidos de forma a garantir melhores condições ambientais para seus habitantes.

O município de Taubaté, além de possuir 317 mil habitantes, possui uma frota de veículos automotores estimada em 215 mil unidades (IBGE 2020). Somando-se a este fato, aproximadamente 98% da população reside na área urbana, o que demonstra, tendo em vista o destaque social e econômico do município na região do Vale do Paraíba e em todo o estado que a investigação da ocorrência de ICUs é de suma importância para a região e para seus habitantes, pois pode permitir que, que outras formas de construção do espaço da cidade sejam pensadas, visando melhoria na qualidade de vida de seus moradores.

Portanto o presente trabalho terá como objetivo investigar a ocorrência de ICUs no município, levando em consideração as características de uso e ocupação do solo, bem como da análise do clima urbano local, a partir do uso da metodologia de transectos móveis (Tms).

2.1 Objetivos Específicos.

A investigação da ocorrência da ilha de calor urbana no município de Taubaté é o objetivo principal do presente trabalho. Contudo, alguns objetivos específicos foram determinados para uma melhor análise e suporte ao objetivo principal. Foram elencados os seguintes objetivos específicos:

1. Avaliar a ocorrência da ICU nas estações de inverno e verão para determinar as diferenças que possam haver na ocorrência e nas características da ICU.
2. Avaliar a ocorrência da ICU a partir da realização dos Tms com início em três horários distintos: as 5 horas e 10 minutos, para analisar o período em que são registradas, geralmente as mínimas temperaturas do ar. As 14 horas, período que comumente ocorrem as máximas temperaturas do ar e as 20 horas, período em que a perda de calor está ocorrendo, sendo muito adequado para comparar áreas com diferentes usos do solo.
3. Caracterização hídrica da área de estudo, em três períodos distintos e em diferentes sazonalidades para verificar a variação da umidade relativa do ar e a ocorrência de ICU.
4. Analisar a intensidade da ICU considerando a temperatura do ar dos transectos e a temperatura do ar registrada na Estação Meteorológica Automática localizada no município.
5. Espacializar os dados coletados de temperatura e da umidade relativa do ar para demonstrar as características térmicas e hídricas na área de estudo delimitada.

3 ÁREA DE ESTUDO

O município de Taubaté, tem seu ponto central, localizado nas coordenadas Geográficas: 23°01' 30'' de Latitude Sul e 45°33'31'' de Longitude Oeste, na Região Metropolitana do Vale do Paraíba, na porção leste do Estado de São Paulo e distante 123 km da capital. Possui uma população de aproximadamente 317 mil habitantes, distribuídos de forma irregular em uma área de 625,9 km², com uma média de 503 habitantes por km².

Elevada à condição de Vila em 5 de dezembro de 1645, data considerada de fundação de Taubaté, o município é um dos mais antigos do país. Durante os primeiros séculos, após sua fundação, Taubaté não apresentou grandes mudanças na sua economia, predominando atividades de subsistência. A partir do século XIX, Taubaté apresentou crescimento econômico, pois o surto cafeeiro aliado à posição estratégica entre as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, possibilitou desenvolvimento econômico da região (ABREU, 1991). No século XX, vários autores Abreu (1991), Cesar Junior (2013), Costa (2005), Ribeiro (2015), apontam que a cidade passou por um rápido crescimento industrial que a inseriu na economia global e possibilitou o desenvolvimento econômico e social da região como um todo. De forma detalhada, serão apresentados os principais aspectos do município.

Para o presente estudo foi considerada a região central da área urbanizada do município e a distância, aproximada de 7 km, nas direções oeste, leste e sul. Ao norte, a distância foi de 5 km limitada pela divisa com o município de Tremembé. A determinação dessa área foi realizada com o objetivo de que os Tms atravessassem vários tipos de uso e ocupação do solo para investigação das diferenças de Tar e umidade relativa do ar (Uar) em relação aos diferentes níveis de urbanização. A distância considerada em relação ao traçado dos Tms foi de 2 km, visando evitar uma extrapolação nos resultados dos mapas. O mapa 1 demonstra a área de estudo.

Mapa 1: Localização do município de Taubaté e da área de estudo.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.1 Aspectos naturais do meio físico: características geológicas e geomorfológicas

O município de Taubaté está localizado na unidade geomorfológica denominada Planaltos e Serras do Atlântico-Leste-Sudeste, mais precisamente na Fossa Tectônica do médio Vale do rio Paraíba do Sul, cercado pelas serras da Mantiqueira e Quebra Cangalha (ABREU, 1991). O processo epirogênico, ocorrido na era cenozoica, entre os períodos terciários e quaternários, gerou falhamentos e produziu escarpas com a da Serra da Mantiqueira, além de fossas tectônicas, como a do médio vale do Paraíba do Sul (ROSS, 2006). Ao se considerar a classificação geomorfológica do relevo paulista proposta por Ross e Moroz (1997), a área de estudo localiza-se na Bacia de Taubaté sobre a unidade morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozoicas e Depressão do Médio Paraíba, estendendo-se até a planície fluvial do Paraíba do Sul.

A Bacia de Taubaté, conforme demonstrado no mapa 2, está localizada na região leste do Estado de São Paulo e caracteriza-se com uma feição deprimida entre as serras do Mar e Mantiqueira. Possui forma alongada, com dimensões aproximadas de 170 km de comprimento

e largura média de 25 km, possuindo como extremos os municípios de Jacareí, a sul, e Cruzeiro, a norte (CARVALHO et al. 2011).

Mapa 2: Localização da Bacia de Taubaté e os municípios sobre a região.

Fonte: Carvalho (2011).

A Formação Taubaté, inserida na unidade geomorfológica denominada Planaltos e Serras do Atlântico-leste-sudeste, se caracteriza pela complexidade litológica e estrutural, sendo predominantes rocha metamórficas de diversos tipos, como os migmatitos, gnaisses, quartizitos, além de rochas ígneas intrusivas, em menor quantidade, como os granitos e sienitos, com altitudes que variam de 600 a 2000 metros (ROSS, 2006).

Estudos realizados por Vidal et al. (2004) e Rampanelli et al (2001) apontam que os tipos de rochas que ocorrem na região onde se insere o município são, em sua maioria, metamórficas, porém apresentando também rochas sedimentares e ígneas. Tais características geológicas possibilitaram que a economia local se desenvolvesse em vários setores. O aproveitamento dos recursos hídricos é de grande potencial, pois a ocorrência de aquíferos permite a provisão de água em situações de necessidade atual e futura (RAMPANELLI, 2001).

A mineração de areia no leito do rio Paraíba do Sul e argilas Metonímicas garante elevada geração de recursos para o município. A ocorrência de solos do tipo Gleissolos

Melânicos e Latossolos possibilitam uma considerável produção agrícola, com destaque para a rizicultura, além da formação geológica também ter contribuído de forma indireta para o desenvolvimento econômico do setor terciário, como apontou (RAMPANELLI, 2001, p. 340) com a criação do Museu de História Natural de Taubaté, na década de 1970, após seu fundador, Doutor Herculano Marcos Ferraz de Alvarenga descobrir um fóssil de uma ave pré-histórica.

3.2 Características climatológicas

O clima do município de Taubaté apresenta características típicas do clima tropical, pois apresenta tanto estação chuvosa como estação seca, divididas por duas estações de transição. Em geral, diversos autores possuem visões semelhantes quanto as características climáticas da região. Nimer (1979) atribuiu à região do Vale do Rio Paraíba do Sul os seguintes tipos climáticos: mesotérmico médio superúmido (acima da cota 1600 m nas serras do Mar e da Mantiqueira); mesotérmico brando superúmido (em altitudes menos elevadas nas mesmas serras); mesotérmico brando úmido (entre as serras e o vale); e mesotérmico brando semiúmido no baixo e médio curso do rio Paraíba do Sul, caracterizado por uma estação seca de 4 a 5 meses, sob o qual se encontra a área aqui estudada. Em estudo realizado por Alvares et al. (2013), baseando-se na classificação climática do Wladimir Koppen, atribuiu à região de Taubaté e no médio Vale do Paraíba do Sul o tipo climático Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado), onde as temperaturas médias anuais de 22°C e precipitação anual entre 1300 e 1600 mm. Vale ressaltar que, em estudos mais recentes realizados por Dubreuil et al. (2018), a região em que Taubaté está inserida foi caracterizada com predominância do tipo climático, baseando-se na metodologia de Koppen, Cwa (clima temperado com verão quente e úmido), caracterizado por temperaturas médias acima de 22°C no verão e abaixo de 18°C no inverno.

A região é caracterizada por dois domínios climáticos zonais, um controlado por massas tropicais e equatoriais, e outro por massas tropicais e polares. Essa característica se deve ao fato de na região ocorrer o choque entre o sistema de circulação do anticiclone móvel polar e do anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul, que geralmente se encontram em equilíbrio dinâmico (NIMER, 1979). O clima da região apresenta chuvas concentradas no verão e escassas no inverno. É influenciado pela mTa (Massa Tropical Atlântica) e pela mPa (Massa Polar Atlântica). (MENDOÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2006).

Estudos realizados por Horikoshi e Fisch (2007), Folhes e Fisch (2006) sobre, respectivamente o balanço hídrico e a caracterização climática, considerando a temperatura do ar e a precipitação, demonstraram que as características climáticas registradas em décadas

anteriores se mantiveram na atualidade. As precipitações se concentram no verão, entre os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março com cerca de 44 % das precipitações nesse período e 7 % das precipitações no inverno entre junho, julho, agosto e setembro, totalizando 1350 mm anuais em média, de acordo com levantamento entre os anos de 1983 e 2005, Folhes e Fisch (2007). As temperaturas médias, considerando o intervalo de 1992 a 2005, estão apresentadas na tabela 1

Tabela 1: Valores de temperatura do ar: média, mínima e máxima no intervalo entre 1992 e 2005.

Estação do ano	Temp. Média °C	Temp. Média Mínima. °C	Temp. Média Máxima °C
Primavera	23,6	17,5	29,6
Verão	24,8	19,0	30,6
Outono	19,9	13,6	26,2
Inverno	19,1	12,2	26,0

Fonte: Folhes e Fisch (2007), adaptada pelo autor.

Levando em consideração uma caracterização climática mais generalizada para o Estado de São Paulo, o município possui características do clima Tropical de Altitude, caracterizado por chuvas concentradas no verão e escassas no inverno. A região é influenciada pelas massas de ar mTa (Massa Tropical Atlântica) e pela mPa (Massa Polar Atlântica). A temperatura média anual é 21,6° C com precipitações em maiores quantidades entre outubro e março e chuvas escassas entre abril e setembro que totalizam 1310 (mm), conforme dados climáticos da EMBRAPA/DAEE, conforme o gráfico 1.

Gráfico 1: Variação mensal da temperatura média do ar e do total de precipitação para o município de Taubaté, SP

Fonte: EMBRAPA - DAEE, 2019, série histórica de 1940 a 1970

Corroborando com as características apresentadas, e atualizando os dados de precipitação e Tar, foram levantados dados atualizados para melhor descrever o presente. Para tal, apresenta-se, no gráfico 02, as médias climatológicas, entre 2006 e 2020, segundo dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Gráfico 2: Variação mensal da temperatura média do ar e do total de precipitação para o município de Taubaté. SP

Fonte: INPE, série de 2006 a 2020. Elaborado pelo autor.

Os dados atuais, reforçam a classificação de Dubreuil (2018), quanto à característica climática local, que considera a região com o clima CWA (Clima temperado com verão quente e úmido), conforme trabalho em que atualizou os climas do Brasil, se baseando no método de Köppen. As mudanças na mancha urbana podem ter alterado as características climáticas locais, pois conforme o mapa 3 demonstra, ocorreu no período de 33 anos, importante mudança.

Mapa 3: Evolução da mancha urbana entre 1985 e 2018

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Características da vegetação

A região do Vale do Paraíba está inserida, como aponta AB' Saber (1970), em uma região caracterizada pelo “domínio dos mares de morros florestados” e à “província fitogeográfica das matas atlânticas”, com predominância para florestas tropicais perenifólias e semidecíduas; atenta ainda para os diferentes padrões de paisagem percebidos dentro do domínio. Tais padrões são traduzidos pela ocorrência de “enclaves” e pequenas faixas de transição, contato ou mistura de vegetação em diferenciados compartimentos de relevos, setores de solos e faixas hipsométricas.

As florestas tropicais recobrem os níveis de morros costeiros, escarpas terminais como a Serra do Mar e setores serranos mamelonizados dos planaltos compartimentados do Brasil Sudeste. Observa-se também a ocorrência de enclaves de bosques de araucária e campos de altitude (Campos do Jordão e Bocaina), além da presença de cerrados em diversos compartimentos dos planaltos interiores (AB`SÁBER, 2003).

Ab`Saber (2003, p. 28) caracteriza essas ilhas de vegetação diferenciadas existentes no interior das áreas core de diferentes domínios como “redutos de ecossistemas outrora

espacialmente mais desenvolvidos”, podendo ser explicadas pela existência de fatores litológicos, hidrológicos, topográficos e paleobotânicos, de exceção, em nível local.

Segundo AB´Sáber (1970), o baixo platô intermontano de São José dos Campos é a maior e mais típica área de cerrados ou cerradões degradados inclusos no Planalto Atlântico; sendo que nele os cerrados distribuem-se na forma de ilhas, uma vez que se encontram totalmente envolvidos por matas tropicais, predominantemente semidecíduas.

A região da Savana, onde está inserida a bacia hidrográfica aqui estudada, faz-se presente em todo o tabuleiro da Formação São Paulo, constituído por sedimentos pliopleistocênicos do Rio Paraíba do Sul (de Jacareí a Taubaté) e do rio Tietê (de Mogi das Cruzes até São Paulo e arredores). Tais sedimentos, em função de processos pedogenéticos de intensa lixiviação ocorridos devido a mudanças paleoclimáticas, originaram solos com alto teor de alumínio, acidez elevada, e, conseqüentemente, baixa concentração de bases trocáveis. Estas áreas se recobriram por vegetação de savânica, com acentuado escleromorfismo.

A área de ocorrência de vegetação savânica encontra-se hoje ocupada principalmente por pastagens, reflorestamento, culturas cíclicas, e crescentes áreas urbanas e industriais. São raros os remanescentes ainda encontrados na região, como o existente em de São José dos Campos e no limite entre os municípios de Taubaté e Caçapava. Mesmo após ter sofrido tanta alteração de origem antrópica, ainda podem ser encontrados no vale campos cobertos com o capim barba-de-bode (*Aristida pallens*), bem como outras espécies típicas da vegetação savânica.

A região da Floresta Estacional Semidecidual possui ocorrência relacionada às planícies aluviais dos trechos médios do Rio Paraíba do Sul e Sapucaí e às colinas de embasamento cristalino, com até 800 m de altitude. A floresta estacional semidecidual aluvial possui como ambiente natural áreas sedimentares holocênicas dos terraços formados pelos rios Paraíba do Sul e Sapucaí, que estão quase completamente ocupadas por agricultura cíclica (arroz e hortaliças), por pastagens e agrupamentos de vegetação secundária; a formação Montana ocorria nas áreas colinosas das Serras do Mar e da Mantiqueira que sofrem influência de um clima estacional com mais de 60 dias secos, porém, foi quase que totalmente desmatada, cedendo lugar a extensas pastagens entremeadas por fragmentos de vegetação secundária, áreas ocupadas por agricultura de subsistência, e pequenas glebas com reflorestamento de eucalipto AB´Saber (2003).

A cobertura vegetal do Vale do Rio Paraíba do Sul foi alterada ao longo dos últimos séculos em função do desenvolvimento de atividades econômicas e do crescimento da malha urbana dos municípios, o que torna importante estudar o estado atual em que se encontram os

fragmentos de vegetação a fim de fornecer subsídios para sua conservação. Segundo Troppmair (2000) a organização do espaço desta região é complexa devido à intensa urbanização e industrialização. Ressalta que estes fatores, juntamente com a cultura cafeeira do século XIX foram responsáveis pela eliminação, quase que total, da vegetação original. Já no século XX e XXI, as áreas vegetais foram convertidas em pastagens, cultivo de café e silvicultura, além da urbanização e da mineração que contribuíram para que apenas 10 a 15% da mata primária ainda exista (ROSS, 2006).

3.4 Aspectos sociais e econômicos

A fundação do município de Taubaté em 5 de dezembro de 1645 está relacionada à expansão do povoamento paulista entre os Vales do rio Tiete e rio Paraíba do Sul. Posteriormente, por ser o primeiro povoado na região denominada Vale do Paraíba, Taubaté passou a ser passagem obrigatória para as tropas que se locomoviam entre São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, durante os ciclos de caça ao índio e mineração, além de se tornar um núcleo irradiador do Bandeirantismo (ABREU, 1991). Durante o período do ciclo do ouro, foi instalado em Taubaté uma das primeiras causas de fundição do país em 1695, onde era cobrado o QUINTO¹ (COSTA, 1991). Com a decadência da mineração, a cidade passou a ser, assim como todo o Vale do Paraíba, extremamente importante na produção de café, atividade que perdurou do início dos anos 30 do século XIX até o início do século XX. Com a decadência da economia do café, a região perdeu importância econômica e política. A partir da segunda metade do século XX a região terá novamente importância no cenário nacional com uma intensa industrialização, graças à desconcentração industrial paulista e a facilidade de locomoção pela rodovia Presidente Eurico Gaspar Dutra (BR-116).

3.5 Industrialização

O processo de industrialização ocorreu de forma lenta no município e se iniciou em 1883, com a fundação da Companhia de Gás e Óleos de Taubaté. A posição estratégica, aliada ao momento de incipiente industrialização, permitiu que a região, que outrora havia prosperado devido à produção de café, foi fundamental para o desenvolvimento industrial. Entre o final do século XIX e a década de 1930, o ramo de indústria têxteis foi de grande importância para a região, com destaque para a CTI - Companhia Taubaté Industrial, fundada em 1891.

¹ **Quinto** era um imposto cobrado pela Coroa portuguesa sobre o ouro encontrado em suas colônias.

Até os anos 30 do século XX, a industrialização de Taubaté não produziu grandes diferenças na vida dos cidadãos, como aponta Ribeiro (1982, p. 154) apud Silva (2005, p59) “a modernização que se operou na região deu-se, sem que a população operária e seus dependentes tivessem a oportunidade de alterar substancialmente seu nível de vida”. A indústria trouxe receita e desenvolvimento econômico e de infraestrutura, contudo a vida continuou como antes.

Durante a segunda metade do século XX, a cidade passou por uma industrialização mais acelerada, fruto do desenvolvimento das infraestruturas, com destaque para a inauguração da rodovia BR 116 (Presidente Dutra), que facilitou o desenvolvimento industrial. Já nos anos de 1950, a população de Taubaté era maior que 50 mil habitantes, com sua maioria vivendo nas áreas urbanas Cesar Junior (2013). Durante as décadas de 50, 60 e 70, diversas indústrias se instalam na região, concentradas nos municípios de Pindamonhangaba, Taubaté, São José dos Campos, Caçapava e Jacareí, pois estes se conectaram diretamente com a rodovia Presidente Dutra. Costa (2005) aponta que durante as décadas de 80 e 90, a atração de empresas ocorre com uma política de incentivos fiscais, que possibilitou que a o município continuasse a crescer. Costa (2005) definiu bem O processo, ocorrido durante as últimas décadas do século XX, foi bem definido por Costa (2005, p. 72), “Neste contexto, ocorreu no Vale do Paraíba, nas últimas décadas do século XX, um intenso processo de urbanização e uma conurbação entre os municípios mais industrializados, os quais estão umbilicalmente ligados pela rodovia Presidente Dutra. ”

Na tabela 2, é possível verificar um panorama geral do emprego e dos tipos de estabelecimentos presentes no município.

Tabela 2: Relação de tipos de estabelecimentos e seus respectivos vínculos empregatícios

Taubaté		
Setores	Estabelecimentos	Vínculos empregatícios por setor
Industria de Transformação	416	26740
Comércio	2700	18287
Serviços	2643	28000
Agropecuária	99	322
Construção Civil	404	5340
Total	6262	78689

Fonte: MTE-RAIS/CAGED (Ministério do Trabalho e Emprego - Relação anual de Informações sociais/Cadastro Geral de Empregados e Desempregados), 2012. Org: Ítalo Franco Ribeiro. Adaptado pelo autor.

4 Características sociais e populacionais

Atualmente Taubaté é considerada uma cidade de porte médio² com 98% da população vivendo na área urbana e apenas 2% sendo rural. A população estimada é de 318 mil habitantes para 2020, distribuída em uma área de 625 km². Comparando a população atual com a população de 2010, a cidade teve um acréscimo de 37 mil habitantes, demonstrando um crescimento em relação ao último censo de 2010 que apontou 278 mil habitantes.

A população taubateana apresenta uma média salarial de 3,4 salários mínimos, sendo o 26º melhor rendimento do Estado de São Paulo. O PIB per capita é de 46 mil reais. Em relação ao esgotamento sanitário, Taubaté está servido desse serviço em 96,3 % dos domicílios, contribuindo para uma qualidade de vida melhor em relação a média brasileira. O município também apresenta boas condições em relação à educação e saúde em comparação ao restante do estado. A taxa de escolarização entre 6 e 14 anos de idade atinge 98,1 % da população, e existem 260 instituições somando ensino infantil, fundamental e médio. Na saúde apresenta uma taxa de mortalidade infantil 12,53 óbitos para cada 1000 bebês nascidos e possuía, segundo dados de 2009, 168 estabelecimentos de saúde. Em relação aos dados de frota de veículos, Taubaté possui 19º maior frota de veículos do Estado, com 215.512 veículos dos mais variados tipos. Com poucas opções de transportes públicos, a população recorre ao uso do carro como principal meio de transporte. Os dados apresentados demonstram a importância de Taubaté no estado e na região do Vale do Paraíba.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O levantamento bibliográfico a seguir teve o objetivo de contemplar autores que trataram do assunto relacionado ao tema neste trabalho.

Amorim (2000) analisou o clima da cidade de Presidente Prudente comparando dados estatísticos da série temporal de 1969 a 1998 e também a partir da instalação de pontos fixos para a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar em meses de inverno e verão. As análises demonstraram a ocorrência de temperaturas mais elevadas em áreas mais urbanizadas, com variação de até 6,0 °C entre os pontos no período de verão.

Saydelles (2005) analisou o campo térmico e o fenômeno das ilhas de calor urbano de Santa Maria-RS e seu entorno. O trabalho utilizou a metodologia de coleta de dados em campo,

² Considerando a definição do IBGE, que define que municípios com população entre 100 e 500 mil como de porte médio.

a partir de 20 pontos fixos em comparação com imagens de satélite do campo termal. Os resultados demonstraram que as maiores diferenças de temperatura, na ordem de 5°C, não ocorreram nos locais mais urbanizados, situação atribuída pelo autor ao vento. Já, as menores temperaturas intraurbanas foram verificadas nas regiões mais arborizadas da cidade.

Monteiro (1976) desenvolveu uma metodologia, utilizada por muitos autores denominada Sistema Clima Urbano (SCU) que considera o clima urbano como um sistema composto por vários subsistemas articulados com a percepção climática. O clima urbano sofre influências de todos os fatores que se desenvolvem nos limites do urbano, sendo perceptíveis pelos moradores das cidades, afetando a qualidade de vida.

Chandler (1965) publicou um estudo completo intitulado “The Climate of London” onde analisou diversos atributos atmosféricos da cidade de Londres, como o vento, a pressão atmosférica, poluição, radiação, entre outros e determinou as características do clima urbano da cidade e a ocorrência de Ilhas de Calor como consequência das alterações no espaço. O trabalho foi um dos pioneiros na análise climática.

Armani, et al. (2015) no trabalho em que analisa a influência dos padrões e cobertura do uso da terra sobre a temperatura do ar em Rio Claro, a metodologia adotada foi coleta de dados de temperatura do ar a partir de registradores digitais em cinco padrões de ocupação do solo: 1) floresta de árvores nativas, 2) reflorestamento de eucalipto com sub-bosque de floresta nativa, 3) reflorestamento de eucalipto, 4) área urbana mista industrial, comercial e residencial e 5) área urbana residencial e comercial. Os resultados demonstraram temperaturas mais elevadas nas áreas urbanizadas em comparação às áreas não urbanizadas. No verão a temperatura variou cerca de 1,7° C e no inverno 2,0°C. Os resultados demonstraram a relação da alteração do uso da terra na influência da temperatura do ar.

Lombardo (1985) demonstrou, através de medições e análises de imagens de satélite, as diferenças de temperatura existentes entre os bairros da cidade de São Paulo atribuindo-as aos diferentes usos de solo, poluição etc. Determinou que ocorreu, na cidade de São Paulo, alterações de temperatura e umidade relativa do ar oriundas das alterações antrópicas no sítio urbano formando e intensificando as Ilhas de calor.

Gartland (2010) desenvolveu um estudo sobre as Ilhas de Calor e como mitigá-las em zonas urbanas. A autora define a causa e os impactos da Ilha de Calor e como podem ser feitas as medições e simulações do fenômeno, bem como, mitigá-las através de procedimentos como uso de pavimentos frescos, arborização, coberturas de edifícios adequadas às necessidades de amenização do aquecimento das áreas urbanas e os benefícios de uma mitigação da ocorrência da Ilha de Calor para a população residente nas cidades.

Anunciação e Sant'Anna Neto (2000) analisam o clima urbano da Cidade de Campo Grande com a instalação de mini-abrigos para coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar nas estações de verão e inverno do ano 2000, para identificar e compreender as relações dos fatos termodinâmicos dentro da cidade, com os fatos específicos da própria condição urbana. Observou-se que a formação de ilhas de calor ocorreu em ambas as estações.

Silva et. al. (2002) analisaram o clima urbano de Penápolis. A metodologia utilizada foi adotar medições com psicrômetros instalados em sete pontos do município. As medições ocorreram ao longo do mês de julho de 1999 para analisar a situação climática em diversas situações atmosféricas. Os resultados demonstraram que as áreas mais urbanizadas apresentaram maiores temperaturas em relação às áreas menos urbanizadas.

Lucena et. al. (2012) analisaram a Ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro a partir de análise de imagens de satélite em série temporal que abarcou as décadas de 1980, 1990 e 2000. Os resultados demonstraram relação entre a intensificação da urbanização e a elevação da TSC (Temperatura da Superfície Continental) com o passar das décadas.

Alcofarado e Andrade (2006) investigaram a ocorrência de Ilha de Calor em Lisboa, Portugal. Para a investigação utilizaram o método Stepwise – Análise de Regressão para relacionar as temperaturas do ar com os fatores geográficos circundantes. Os resultados demonstraram variações de até 2,5 °C nas temperaturas dos distritos localizados ao sul, quando comparados às outras localidades.

Landesberg (1956) em seu trabalho intitulado de O Clima das Cidades, abordou os fatores determinantes para as alterações climáticas nas áreas urbanas. O estudo é subdividido em tópicos para as alterações em cada componente climático urbano e suas consequências para o clima e a vida das pessoas residentes nas cidades. A partir de um levantamento de estudos em várias cidades do planeta, constatam-se as alterações climáticas nas cidades, com áreas com temperatura do ar mais elevadas em áreas mais urbanizadas, em contraste com temperatura mais amenas em áreas menos urbanizadas.

Souza (2012) analisou a influência das ilhas de calor sobre as cidades de Belém e Manaus. A metodologia adotada foi selecionar os dados de temperatura e umidade do ar de séries históricas num período de 49 anos, visando elucidar a relação entre a urbanização das cidades e a alterações climáticas locais entre 1961 e 2010 e relacionar com o crescimento urbano. Os resultados demonstraram que, tanto em Manaus como em Belém, o crescimento urbano influenciou o clima local e contribuiu para a formação de Ilhas de Calor.

Barros (2016) ao estudar a interação entre a Ilha de Calor Urbana, uso e cobertura do solo e balanço de energia no município de São Paulo, constatou a ocorrência de ilhas de calor

no município da ordem de até 8°C de diferença entre áreas de diferentes níveis de urbanização. A metodologia usada foi a utilização de imagens de satélite e o uso de modelos computadorizados para determinar a ocorrência do fenômeno. O autor salienta que a dinâmica do clima regional é o principal fator da interação das forças energéticas com a superfície, o transporte ou não de umidade do oceano para a atmosfera continental é um fator determinante na variação da Ilha de Calor Urbana.

Romero (2016) realizou um estudo sobre a ocorrência de ilhas de calor em Ilha Solteira, no Estado de São Paulo. A metodologia utilizada foi a análise termal de 31 imagens de satélites entre os anos de 2013 e 2015 para determinar a ocorrência do fenômeno na cidade. A partir da metodologia utilizada, constatou-se a ocorrência de ilhas de calor em alguns dias com amplitude máxima de 3°C nas temperaturas da área de estudo.

Silva (2010) analisou a relação da circulação atmosférica e a formação da ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. O trabalho utilizou a metodologia de simulações numéricas através do modelo de mesoescala BRAMS (*Brazilian Regional Atmospheric Modeling System*). Para avaliar as simulações do modelo BRAMS foram usados dados das estações meteorológicas convencionais dos aeródromos (código METAR) e de estações meteorológicas automáticas de responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Instituto Estadual do Ambiente - INEA (antiga Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA). Os resultados demonstraram que as maiores amplitudes térmicas foram de 3,6°C às 18 horas, situação atribuída ao maior tempo de aquecimento da região urbana.

Alves (2016) analisou as influências das características geourbanas na configuração do clima da cidade de Iporá, no estado de Goiás, e na identificação de ilhas de calor e sua variabilidade temporal. Para a execução do trabalho foi adotada uma metodologia com a utilização de imagens de satélite e seu processamento termal, bem como dados coletados a partir de termo higrômetros para mensurar a umidade relativa do ar e a temperatura. Os resultados demonstraram que, em alguns momentos, a ilha de calor na cidade possui magnitude de 5,8°C na situação de maior amplitude.

Souza (2010) investigou as alterações no clima local e urbano sobre a influência de um lago artificial da represa de Porto Primavera na cidade de Presidente Epitácio, em São Paulo. O trabalho adotou a metodologia de coleta de dados em períodos de primavera, verão, outono e inverno. Foram utilizados medidores digitais de temperatura do ar e umidade relativa. Os resultados demonstraram que na maior parte das medições as maiores temperaturas do ar foram registradas nos pontos em locais urbanizados em período noturno, e as maiores umidades foram verificadas próximas ao lago.

Barbosa (2009) investigou as características do campo térmico no município de São Carlos com o intuito de verificar a intensidade da ilha de calor durante o verão de 2004/2005. Para obtenção dos dados, foram utilizadas 4 estações automáticas localizadas em 4 pontos diferentes da cidade, contemplando ambientes de diferentes níveis de urbanização. A investigação constatou a ocorrência de ilhas de calor com amplitudes térmicas na ordem de 5°C no período da manhã e de 4,7 °C no período noturno. O autor atribuiu as amplitudes à densidade de urbanização, bem como a situações atmosféricas específicas, neste caso a situação de céu limpo e calmaria.

Coltri (2006) analisou a ocorrência de Ilhas de Calor no município de Piracicaba a partir de técnicas de sensoriamento remoto, pois foram utilizadas imagens de satélite de datas diferentes contemplando cada estação (primavera 29/11/1999), verão (08/01/2003), outono (13/05/2002) e inverno 17/08/2002. Os resultados do trabalho demonstraram que o município possui intensa ilha de calor, pois no verão a amplitude de temperaturas entre os bairros rurais e urbanos foi superior a 10°C, já no inverno as temperaturas foram de aproximadamente 9°C, evidenciando a ocorrência do fenômeno.

Andrade et al. (2007), realizaram um estudo sobre a ocorrência de ilha de calor em São José dos Campos, na região metropolitana do Vale do Paraíba a partir da análise de imagens de satélite para determinar a temperatura da superfície e, a partir desse processo, caracterizar as características térmicas da área de estudo. Também foi levado em consideração o uso do solo para correlacionar as características térmicas com a alteração do uso de solo. Os resultados, a partir da metodologia adotada, foram de diferença de até 7°C entre o meio urbano e rural.

Pinheiro (2018) analisou as características do clima urbano da cidade de São Luís, MA, considerando os diferentes níveis de urbanização e a influência na dinâmica climática da cidade. Os resultados demonstraram que de acordo com a intensificação da urbanização, maiores as temperaturas e menores os níveis de umidade. O estudo também analisou as características pluviométricas, de conforto térmico, além da influência do vento em todas as categorias analisadas.

5.1 Bibliografia específica com o uso de transectos moveis

Silva et al. (2018), produziram um estudo relacionado à identificação de ilhas de calor urbanas em Uberlândia, município de Minas Gerais a partir da metodologia de transectos móveis (Tms). Os Tms foram realizados nos meses de fevereiro e agosto de 2012. Os dados foram coletados com o uso do datalogger CR10 X e os pontos de coletas foram determinados a cada 500 metros durante o transecto de 6 quilômetros e meio. Os resultados demonstraram

que há ocorrência de temperaturas mais elevadas de acordo com a variação de impermeabilização, ou seja, quanto menos áreas permeáveis mais elevadas foram as temperaturas do ar. No inverno a Ilha de Calor é mais intensa, com 2,2°C de diferença entre a área urbana e rural. No verão a variação foi de 1,2°C.

Sun et al (2011) realizou um estudo em que analisou as diferenças de temperatura do ar, em Taichung, cidade localizada em Taiwan, a partir da utilização de transectos moveis. Foram considerados três parâmetros para a análise da temperatura: Porcentagem de áreas verdes, de edificações e a altura e largura das edificações em relação à rua. Os transectos foram realizados nos meses de verão (junho, julho, agosto e setembro) de 2009. O experimento coletou os dados de temperatura e umidade em alturas de 1, 2, 3 e 4 metros do solo em três horários distintos (14 horas, 18 horas e 22 horas). As medições, em alturas diferentes, foram realizadas com o uso de uma haste metálica de 4 metros, onde os dataloggers foram fixados. As temperaturas mais elevadas foram registradas de acordo com maior proximidade com o solo. Também foi constatado que áreas com maior urbanização tiveram as temperaturas mais elevadas e as áreas com mais áreas verdes menores temperaturas. As diferenças de temperatura foram 2,5 °C as 14 horas, 1,5 °C as 18 e 22 horas.

Sun et al (2019) desenvolveu um estudo de investigação de Ilha de Calor urbana a partir do uso de Tms e pontos fixos com a utilização de equipamentos de baixo valor, na cidade de Tainan, localizada em Taiwan. As coletas móveis foram realizadas de motocicleta e também pontos fixos foram instalados pelas áreas de estudo para que os dados pudessem se comparados. Os resultados demonstraram intensidades de 3,5°C período da madrugada.

Dihkan et al (2018) realizaram um estudo sobre a evolução do fenômeno de Ilhas de Calor, na Turquia, em sete cidades diferentes, Istambul, Ancara, Izmir, Bursa, Trabzon, Erzurum e Gaziantep. O estudo levou em consideração a alteração da cobertura e uso do solo e a relação deste com as alterações climáticas locais nas cidades. Vários métodos foram utilizados em conjunto para averiguar a Ilha de Calor, como a utilização de imagens de satélite para determinar a temperatura da superfície e Tms, com coleta de dados a cada 2 segundos em um percurso de 5 quilômetros. Os resultados demonstraram que em todas as cidades investigadas há ocorrência de Ilhas de Calor.

Fialho (2009) analisou o clima urbano de Viçosa (MG). Utiliza-se do procedimento de transectos moveis, para verificar as influências do fenômeno de ilha de calor na cidade de devido ao crescimento de sua área urbana nas últimas décadas. No trabalho citado, o autor realiza a coleta de dados em 17 pontos em três períodos: manhã, tarde e noite, para analisar a ocorrência da ilha de calor e em quais horários sua intensidade é maior.

Amorim (2005) em estudo realizado em dezembro de 2004 e janeiro de 2005, em Birigui, constatou a ocorrência do fenômeno de Ilhas de Calor em períodos noturnos. O estudo utilizou a metodologia de transecto móvel ao longo de 56 pontos entre a área rural e urbana de Birigui, e a partir dele, constatou-se que a cidade possui a ocorrência do fenômeno de ilhas de calor de forte magnitude, com amplitudes térmicas que chegaram a 6,2°C.

Sun et al (2009) realizou um estudo em Phoenix, cidade dos Estados Unidos, referente a ocorrência de Ilhas de Calor em áreas áridas. Para tal, realizou Tms em 4 horários diferentes, além da utilização de dados de estações meteorológicas para coleta de dados de vento e a utilização de sensoriamento remoto para geração de mapas de NDVI (Vegetação). Os transectos foram realizados entre 6 e 15 de novembro de 2007 nos horários das 16, 20, 24 e 05 horas. Os resultados demonstraram que nas áreas rurais a temperatura do ar diminuiu mais rapidamente com diferenças em alguns dias, entre o urbano e rural de 7.1°C. As correlações feitas em relação ao índice de vegetação demonstraram que quanto maior a quantidade de vegetação menor a intensidade da Ilha de Calor.

Dorigon (2015) analisou o clima urbano e a ocorrência de ilhas de calor em Paranavaí, município localizado no estado do Paraná. Foram realizados dois Tms simultâneos durante 7 noites de verão e 6 noites de inverno no ano de 2014. Os resultados demonstraram a ocorrência de Ilhas de Calor em ambas as estações, sendo que no verão as temperaturas foram mais elevadas que no inverno, 5,5 e 4,9 °C respectivamente. As maiores temperaturas ocorreram nas áreas mais urbanizadas e as menores temperaturas nas áreas rurais e com densa vegetação.

Taha et al. (2018) pesquisou sobre as variações de temperatura correlacionadas com a variação na cobertura e uso do solo, na cidade de Los Angeles, na costa oeste dos Estados Unidos, durante os verões de 2016 e 2017. Para a pesquisa foram utilizados os dados coletados a partir de 15 Tms, realizados em dias claros. Além dos transectos, foi utilizado, para corroborar os dados coletados o modelo WFR (Weather Research Forecasting) com o intuito de analisar os resultados que demonstraram a ocorrência de Ilha de Calor na cidade com diferenças de até 3,3 °C.

5.2 O CLIMA URBANO

O clima é, sem dúvida, um dos principais fatores que influenciam na vida dos seres humanos, em todos os momentos da história. Antigamente, o clima ditava as escolhas quanto às migrações, melhores lugares para a caça e posteriormente, os momentos de colheitas e também de cheias dos rios. A partir do século XVIII, o processo de êxodo rural se intensificou

no mundo devido à Revolução Industrial. Neste contexto, as cidades começam a crescer de forma intensa, como jamais visto anteriormente. O crescimento das cidades promove alterações na natureza e inicia um processo lento e gradual de alteração do clima local nas áreas urbanas. OKE (2002) abordou o crescimento das populações urbanas e suas consequências para o clima urbano:

Considerando essas mudanças importantes, não é de se surpreender que as áreas urbanas exibam os sinais mais claros de modificação climática inadvertida. As áreas urbanas estão continuamente se expandindo para acomodar o fluxo de migrantes das áreas rurais e o aumento natural da população, e até o ano 2000 estima-se que 60% da população mundial viverá em cidades com 5.000 ou mais habitantes. (p. 273, tradução nossa).

As estimativas mais atualizadas da ONU é que a população urbana será 68% do total de habitantes do mundo (ONU, 2017)

O primeiro estudo sobre o clima urbano foi realizado por Luke Howard em 1833, em Londres, quando foi detectado que havia um excesso de calor causado por alterações antrópicas nas áreas urbanas em comparação às áreas rurais (GARTALAND, 2010). Posteriormente os estudos foram se intensificando e, em Paris, no século XIX, Emilien Renou (1855, 1862, 1868) detectou a ocorrência de temperaturas mais elevadas no centro da cidade em relação ao meio rural, e também Wilhelm Schimidt que realizou estudo similar em Viena entre 1917 e 1929 (GARTALAND, 2010). Durante o século XX, os estudos sobre o clima urbano se diversificaram, com destaque para as pesquisas de Chandler (1965), Monteiro (1976), Oke (1978), no Brasil, Lombardo (1985), Amorim (2000, 2005, 2010, 2015 e 2019), Fialho (2009, 2012), além de outros que se debruçaram sobre o tema.

O clima urbano pode ser entendido como consequência das mudanças radicais realizadas na superfície que alteram o balanço de radiação, o fluxo dos ventos e aumentam o armazenamento de calor devido a utilização de materiais com tais propriedades (OKE et al. 2017). No Brasil, Monteiro em sua tese de 1976 (2003) propôs uma metodologia denominada Sistema Clima Urbano (SCU) que considera que o clima urbano não pode ser analisado com uma parte, mas sim como um agrupamento de fatores. Entre tais fatores, o autor considerou como crucial os canais de percepção humana:

a) Conforto Térmico – Engloba as componentes termodinâmicas que em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É

um filtro perceptivo bastante significativo na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.

b) Qualidade do ar – A poluição é dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo, etc.)

c) Meteoros de impacto – Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteóricas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impactos na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando a circulação e os serviços. (MONTEIRO e MENDONÇA, 2003 p. 24)

A pesquisa de Monteiro (1976) sobre o clima urbano inspirou diversas pesquisas sobre acerca do tema, contribuindo como arcabouço teórico e metodológico no desenvolvimento de novos trabalhos. (MONTEIRO e MENDONÇA, 2003).

O clima urbano tem como principal característica a ocorrência de Ilhas de Calor, ou seja, as temperaturas do ar são, geralmente, mais elevadas nas regiões mais urbanizadas em comparação com as áreas rurais e menos urbanizadas. Contudo, outras alterações são perceptíveis, além da Ilha de Calor Urbana (ICU). Segundo a afirmação de Oke:

O processo de urbanização produz mudanças radicais nas características da superfície e nas propriedades atmosféricas de uma região. Envolve a transformação das características radiativas, térmicas, de umidade e aerodinâmicas e, com isso, altera o equilíbrio natural e hidrológico. (OKE, 2002, p. 272, tradução nossa).

Uma alteração significativa, em algumas cidades, está relacionada ao aumento de processos convectivos que podem ocorrer em situações de grande diferença de temperatura entre a superfície e o ar (GARTLAND, 2010). Isso pode ocasionar o aumento de pluviosidade em áreas urbanas, como já verificado em Taubaté onde se verifica uma tendência de aumento de precipitações, principalmente na primavera, atribuído ao aumento da temperatura urbana e consequente aumento dos processos convectivos. (FOLHES; FISCH, 2006). A umidade relativa do ar também apresenta variações, pois tende a ser maior em áreas rurais e menos urbanizadas se comparadas com as áreas com alteração mais intensa. Embora a variação de umidade possa estar relacionada com a variação de temperatura, Landsberg (2006 p. 107) afirma que:

Elas mostram uma redução média de seis por cento na umidade relativa, e meio milibar a menos na pressão do vapor nas cidades. Na variação anual, a menor diferença é encontrada no inverno (redução de cerca de dois por cento) e a maior no verão (cerca de oito por cento menor). Este não é inteiramente um efeito das maiores temperaturas das cidades. Isto se deve, em parte, ao rápido escoamento da precipitação pelo sistema de drenagem e pela grande expansão das superfícies com materiais impermeáveis, como os telhados e ruas. Eles não retêm umidade como no caso do solo comum. Há relativamente pouca vegetação na maior parte das cidades, de forma que os processos de evapotranspiração são completamente diferentes em relação àqueles que ocorrem sobre superfícies naturais. (LANDSBERG, 2006 p. 107)

O vento também pode ser alterado devido ao clima urbano, pois as edificações e outras intervenções urbanas podem canalizar ou dificultar o escoamento do vento. Oke (2002) apontou que os ventos nas áreas urbanas são em geral mais calmos, pois os obstáculos tendem a dificultar seu escoamento, contudo em duas situações isso pode mudar. A primeira é quando ocorre uma canalização do vento em ruas em que os prédios são elevados e formam uma espécie de corredor. Tal situação acelera o escoamento do vento. A segunda ocorrência de ventos mais rápidos em áreas urbanas está relacionada com as diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e rurais que podem alterar a pressão e propiciar um aumento no fluxo de vento da área rural para a urbana. Além disso, os ventos em áreas urbanas podem contribuir para amenizar os efeitos do aquecimento, pois pode promover uma sensação de refrescante nos cidadãos, além de poder resfriar os edifícios, contribuindo para criar melhores condições de conforto térmico (PINHEIRO, 2018)

5.3 ILHAS DE CALOR

O termo Ilha de Calor foi cunhado pelo pesquisador Gordon Manley, na década de 1960 (ALCOFORADO, 1993 apud FIALHO, 2012), embora já no século XIX as diferenças de temperatura do ar em áreas com níveis de urbanização diferentes já tivessem sido constatadas. Na definição do fenômeno Ilha de Calor, segundo Amorim (2015 p. 07), “As ilhas de calor atmosféricas são bolsões de ar quente decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais encontrados na superfície de armazenar e refletir a energia solar e a produção do calor antropogênico”.

Para Oke (2002) as ilhas de calor ocorrem devido à urbanização que causa modificações no armazenamento do calor, no balanço hídrico, além de alterar o regime dos ventos, causando diferenças térmicas entre áreas mais urbanizadas quando comparadas com áreas menos urbanizadas. Na definição de Gartland (2010, p.09), as ilhas de calor “... são formadas em áreas

urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do solo do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas”.

As definições de ICUs indicam que as alterações relacionadas à superfície são as principais causadoras do fenômeno. Além de interferir na Tar e nos índices de Uar, podem ocasionar mudanças nos ventos, nos índices pluviométricos e na poluição. A figura 1 demonstra a estrutura de uma ICU atmosférica.

Figura 1: Estrutura da Ilha de Calor Atmosférica

Fonte: Oke (2002, p. 274)

A grande preocupação com o fenômeno é em relação à saúde dos cidadãos, pois as alterações causadas podem interferir de forma negativa na vida das pessoas. Situações de desconforto térmico devido ao as maiores temperaturas, problemas respiratórios causados pela elevação da poluição, aumento das enchentes, principalmente em cidades de climas tropicais, além do aumento do uso de energia elétrica com o uso de equipamentos de ar condicionado Gartland (2010). Tendo em vista a velocidade em que o crescimento urbano e o desenvolvimento das relações capitalistas ocorrem, principalmente em países subdesenvolvidos, planejar a cidade se torna um desafio no que diz respeito ao planejamento voltado às questões ambientais, mantendo os cidadãos em ambientes nem sempre propícios à saúde. A literatura aponta, geralmente, 3 tipos de Ilha de Calor, baseadas nas propostas de Oke et al. (2017):

- Ilha de Calor de superfície, detectada por meio de sensoriamento remoto para a análise das temperaturas das estruturas das áreas urbanas.
- Ilha de calor atmosférica inferior (Urban Canopy Layer), caracterizada pelas temperaturas entre a superfície e a altura dos edifícios. Nesta em específico, a temperatura analisada é a do ar.
- Ilha de calor da atmosfera superior (Urban Boundary Layer), caracterizada pelas temperaturas medidas a partir do topo dos prédios até as camadas superiores atmosféricas.

Outra categoria estudada é a ICU relacionada às temperaturas abaixo da superfície, denominada *Subsurface Heat Island*, conforme figura 2.

Figura 2: Tipos de Ilhas de Calor.

Fonte Oke (2017, p. 199).

A figura 4 faz uma diferenciação dos tipos de Ilhas de Calor. O presente trabalho analisou a ICU atmosférica inferior (UCL), com a utilização de Tms.

Além de caracterizar os tipos de ICUs, faz-se necessário indicar que sua demonstração pode ser feita comparando as diferentes temperaturas entre as áreas rural e urbana, para mensurar sua intensidade. Oke (2002) aborda o conceito de intensidade como a diferença entre a amplitude de Tar entre o meio rural em relação ao meio urbano. Garcia et al (2013, p 249), cita que: “Se han establecido cuatro categorías o zonas (figura 11): impacto nulo, la intensidad

de la isla de calor es inferior a 0°C; débil, inferior a 2°C; moderado, entre 2°C y 4°C y fuerte o muy fuerte cuando la intensidad supera los 5°C”.

As intensidades das ICUs variam de acordo com as condições climáticas locais, pois a velocidade dos ventos, nebulosidade, umidade e pluviosidade são fatores que influenciam de forma significativa nas características das ICUs. Outro fator preponderante, em relação ao fenômeno, é que ele é mais intenso, geralmente, após o pôr do Sol Amorim (2009) e (2019), Fialho (2012). Amorim (2019) indica que essa maior intensidade no período noturno ocorre devido ao calor acumulado nas áreas construídas durante o dia que é liberado durante a noite, favorecendo a ocorrência de temperaturas mais elevadas nas áreas mais urbanizadas.

As ICUs, na maioria dos casos, prejudicam a vida das pessoas que vivem nas cidades podendo alterar as condições de conforto térmico, de qualidade do ar e até mesmo de pluviosidade. Medidas mitigatórias são muito importantes no sentido de minimizar os efeitos nocivos para os cidadãos.

6 MÉTODO

A escolha do método é imprescindível para o desenvolvimento do trabalho, pois ela dará as condições e ferramentas para averiguação do que se propõe a estudar. Para que não haja confusão entre método e procedimentos metodológicos, ambos serão contemplados separadamente.

Baseando-se em algumas conceituações, o método pode ser entendido de várias formas. Segundo Mario Bunge (1974) assim o descreve:

O método científico não é provido de receitas infalíveis para encontrar a verdade: somente contém um conjunto de prescrições falíveis para o planejamento de observações e experimentos, para a interpretação de seus resultados, e para o entendimento dos problemas. (BUNGE, 1974, p.27)

Outra definição foi citada por Lino Rampazzo (2004): “O método científico se concretiza nas diversas etapas ou passos que devem se dados para solucionar um problema: entende-se, então, como a coordenação unitária dessas diferentes etapas”. (RAMPAZZO p.33 2004).

Por fim recorre-se a definição dada por Ernest Nigel (1975) acerca do método científico:

Em suma o método científico é a lógica geral, tácita ou explicitamente empregada para apreciar os méritos de uma pesquisa. Convém, portanto, o método da ciência como um conjunto de normas padrão que devem ser

satisfeitas, caso deseje que a pesquisa seja tida por adequadamente conduzida e capaz de levar a conclusões merecedoras de adesão racional. (NAGEL, 1975 p. 19).

Em todas as definições fica claro que o método é um conjunto de etapas para a realização de uma pesquisa ou qualquer outra investigação. Portanto, tendo em vista a questão do método, todas as premissas, hipóteses e planejamento devem contemplar as etapas a serem seguidas.

Para o presente trabalho foi escolhido o método experimental, abrangido por processos e etapas que vão da coleta de dados e a partir dos dados explicar a hipótese sugerida (RAMPAZZO, 2004). As coletas de temperatura e umidade relativa do ar subsidiaram a resposta a hipótese de que, pelas características geográficas e socioeconômicas, haveria a ocorrência de ICUs.

7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho foi realizado a partir da coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, através de Tms realizados em 3 horários distintos, durante 3 dias do mês de julho de 2019. A escolha do procedimento de Tms, utilizado em larga escala nos trabalhos de climatologia urbana (SILVA et al 2018; SUN et al. 2011 e 2019; DIHKAN et al. 2018; FIALHO, 2009; AMORIM, 2005; SUN et al. 2009; DORIGON, 2015 e TAHA et al. 2018), refere-se à possibilidade de analisar a temperatura atmosférica, próxima a superfície, além da possibilidade de se analisar, como mais detalhe, as diferenças entre os diversos níveis de urbanização. A figura 3 apresenta as vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de procedimentos metodológicos adotados nos estudos de ICU.

Figura 3: Comparação do uso de transectos móveis e pontos fixos para a mensuração da temperatura do ar

Pontos Fixos		Transectos Móveis	
Vantagem	Desvantagem	Vantagem	Desvantagem
Permite observações simultâneas	Dificuldade em definir pontos representativos.	Descreve melhor a heterogeneidade do meio urbano	Refazer o percurso, algumas vezes com intuito de criar uma maior confiabilidade.
Favorece o registro temporal da ilha de calor.	Custo operacional e logístico.	Aumenta o número de pontos de coleta dentro da área de estudo.	Não é apropriado para grandes distâncias
	Preparar equipes para registro dos parâmetros e compatibilizar horários de leituras	Permite uma maior agilidade no processo de monitoramento	Restrito apenas a estradas de rodagem.
			Dificuldade de definir pontos representativos
			Não mensuração simultânea dos elementos do clima

Fonte: Fialho (2009).

7.1 Transectos móveis

Os Tms foram realizados, simultaneamente, nas direções oeste-leste e sul-norte em três horários distintos. Os inícios dos percursos ocorreram às 5 horas e 10 minutos, às 14 horas e às 20 horas. A realização dos Tms ocorreu nos dias 18, 19 e 20 de julho de 2019 e nos dias 02, 03, 04, 05 e 09 de janeiro de 2020, com o objetivo de investigar as condições climáticas urbanas e a ocorrência de ICUs em condições de inverno e de verão. A escolha do horário das 5 horas e 10 minutos está relacionada com a tentativa de fazê-lo no momento próximo ao registro da mínima temperatura do ar, pois terminariam por volta de 50 minutos antes do nascer do Sol, que no mês de julho, nos dias dos Tms, ocorre às 6 horas e 42 minutos e, portanto, ocorreriam próximo ao horário onde, geralmente, em situações de atmosfera estável, são registradas as menores temperaturas do ar. (VAREJÃO-SILVA, 2001). Ressalta-se que os horários dos transectos de verão foram mantidos, pois buscou-se manter o padrão para melhor análise, pois o nascer do Sol, no verão, nos dias dos Tms, ocorre entre 5 horas e 24 minutos e 5 horas e 30 minutos. Os dias dos Tms na estação de verão não foram em sequência, pois ocorreram instabilidades e momentos de pluviosidade que comprometeram a realização da coleta de dados.

Os Tms no sentido sul-norte, apresentaram comprimento de 15,50 km e foram percorridos a uma velocidade média que variou entre 25 e 28 km/h. Vale ressaltar que a previsão era a de manter velocidade média de 35 km/h, contudo devido ao trânsito e aos semáforos, não foi possível manter a velocidade média planejada. O percurso sul-norte abarcou vários níveis

de urbanização, buscando analisar a variação térmica de acordo com a mudança no uso e ocupação do solo. Ele se inicia em área de vegetação esparsa, que vai mudando para uma situação de maior urbanização conforme o percurso se desenvolve. As mudanças relacionadas ao uso do solo podem ser mais bem visualizadas no mapa 04.

Mapa 4: Tipos de usos do solo da área de estudo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os Tms de oeste-leste, assim como os realizados no sentido sul-norte, mantiveram velocidades médias entre 23 e 26 km/h. Seu ponto inicial é em área de solo exposto e poucas residências e conforme os Tms se desenvolvem, a urbanização vai se intensificando, terminando em uma área predominantemente industrial. Os pontos de coleta dos Tms, tanto sul-norte como o oeste-leste, variaram em quantidade devido as variações de tempo de cada Tms. Contudo, os pontos de coleta mantiveram, praticamente, nos mesmo locais, com o acréscimo de alguns pontos de coleta em momentos de trânsito lento. A distância percorrida ao longo do trajeto foi de 17,50 km.

Embora os pontos de coleta de Tar e Uar não sejam fixos, as diferenças entre as distâncias entre os pontos foi irrisória, pois as velocidades médias se mantiveram praticamente as mesmas em todos os Tms, conforme pode ser observado nas tabelas 03 e 04.

Tabela 3: Velocidade média dos Tms na estação de inverno

data	início do percurso	Fim do percurso	direção	velocidade média	distância
18/07/2019	5 horas e 10 minutos	5 horas e 47 minutos	Sul - Norte	25 Km/h	15,50 Km
18/07/2019	5 horas e 10 minutos	5 horas e 56 minutos	Oeste - Leste	25 Km/h	17,50 km
18/07/2019	14 horas	14 horas e 38 minutos	Sul - Norte	25 Km/h	15,50 Km
18/07/2019	14 horas	14 horas e 44 minutos	Oeste - Leste	25 Km/h	17,50 km
18/07/2019	20 horas	20 horas e 38 minutos	Sul - Norte	26 km/h	15,50 km
18/07/2019	20 horas	20 horas e 42 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 km
19/07/2019	5 horas e 10 minutos	5 horas e 45 minutos	Sul - Norte	28 km/h	15,50 km
19/07/2019	5 horas e 10 minutos	5 horas e 52 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 km
19/07/2019	14 horas	14 horas e 38 minutos	Sul - Norte	26 km/h	15,50 Km
19/07/2019	14 horas	14 horas e 45 minutos	Oeste - Leste	22 km/h	17,50 km
19/07/2019	20 horas	20 horas e 37 minutos	Sul - Norte	27 Km/h	15,50 Km
19/07/2019	20 horas	20 horas e 42 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 km
20/07/2019	5 horas e 10 minutos	5 horas e 45 minutos	Sul - Norte	27 Km/h	15,50 km
20/07/2019	5 horas e 10 minutos	5 horas e 49 minutos	Oeste - Leste	25 Km/h	17,50 km
20/07/2019	14 horas	14 horas e 38 minutos	Sul - Norte	26 km/h	15,50 km
20/07/2019	14 horas	14 horas e 41 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 km
20/07/2019	20 horas	20 horas e 37 minutos	Sul - Norte	27 Km/h	15,50 km
20/07/2019	20 horas	20 horas e 41 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 km

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4: Velocidade média dos Tms na estação de verão.

data	início do percurso	Fim do percurso	direção	velocidade média	distância
02/01/2021	5 horas e 10 minutos	5 horas e 47 minutos	Sul - Norte	26 km/h	15,50 Km
02/01/2021	5 horas e 10 minutos	5 horas e 52 minutos	Oeste - Leste	28 km/h	17,50 Km
03/01/2021	14 horas	14 horas e 38 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
03/01/2021	14 horas	14 horas e 45 minutos	Oeste - Leste	25 km/h	17,50 Km
03/01/2021	20 horas	20 horas e 38 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
03/01/2021	20 horas	20 horas e 44 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 Km
04/01/2021	5 horas e 10 minutos	5 horas e 49 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
04/01/2021	5 horas e 10 minutos	5 horas e 50 minutos	Oeste - Leste	29 km/h	17,50 Km
05/01/2021	5 horas e 10 minutos	5 horas e 49 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
05/01/2021	5 horas e 10 minutos	5 horas e 52 minutos	Oeste - Leste	28 km/h	17,50 Km
05/01/2021	14 horas	14 horas e 39 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
05/01/2021	14 horas	14 horas e 42 minutos	Oeste - Leste	28 km/h	17,50 Km
05/01/2021	20 horas	20 horas e 38 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
05/01/2021	20 horas	20 horas e 43 minutos	Oeste - Leste	27 km/h	17,50 Km
09/01/2021	14 horas	14 horas e 39 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
09/01/2021	14 horas	14 horas e 46 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 Km
09/01/2021	20 horas	20 horas e 39 minutos	Sul - Norte	27 km/h	15,50 Km
09/01/2021	20 horas	14 horas e 46 minutos	Oeste - Leste	26 km/h	17,50 Km

Fonte: Elaborado pelo autor

Para melhor entendimento e visualização dos diferentes pontos dos transectos, foram elaboradas as tabelas 05 e 06, que demonstram as imagens de alguns pontos e suas características visuais, bem como uma descrição e um desenho do nível aproximado de urbanização, que foi usado nos gráficos para melhor entendimento e visualização da variação de Tar e Uar conforme a alteração da intensidade de urbanização.

Pontos – Transecto Oeste - Leste	Descrição	Desenho esquemático
	<p>Imagem 1: Vista do Ponto 1.</p> <p>Área com predomínio de solo exposto, baixa urbanização.</p> <p>Orientação: Norte Altitude: 538 metros.</p>

	<p>Imagem 2: Vista do ponto 4</p> <p>Área com poucas residências, predomínio de pastos.</p> <p>Orientação: Norte Altitude: 545 metros</p>

	<p>Imagem 3: Vista do ponto 6 do</p> <p>Área residencial, com predomínio de casas térreas e pouca arborização.</p> <p>Orientação: Norte Altitude: 566 metros</p>

	<p>Imagem 4: Vista do ponto 16</p> <p>Área residencial/ comercial, com adensamento de construções de casas e pontos comerciais.</p> <p>Orientação: Norte. Altitude: 583</p>

	<p>Imagem 5: Vista entre os pontos 20 e 21 do transecto</p> <p>Área de intensa urbanização, predomínio de área residencial.</p> <p>Orientação: Norte Altitude 580 metros.</p>

	<p>Imagem 6: vista do ponto 25.</p> <p>Região central e área mais urbanizada de Taubaté. Presença de prédios baixos, pequenas áreas verdes e ruas estreitas.</p> <p>Orientação: Norte</p> <p>Altitude: 580 metros.</p>

	<p>Imagem 7: vista do ponto 37.</p> <p>Região, predominantemente residencial, poucos prédios, com poucas áreas verdes.</p> <p>Orientação: Norte</p> <p>Altitude: 573 metros.</p>

	<p>Imagem 8: vista do ponto 46.</p> <p>Ponto final do transecto, área com poucas edificações, bairro com chácaras e terrenos baldios.</p> <p>Orientação: Nordeste.</p> <p>Altitude: 556 metros.</p>

Tabela 5: Descrição e características dos pontos dos transectos Oeste-Leste

Pontos – TransectoSul - Norte	Descrição	Desenho esquemático
	<p>Imagem 1: vista do ponto 1.</p> <p>Ponto inicial do transecto. Área com predomínio de pastos e fragmentos de vegetação nativa. Poucas residências.</p> <p>Orientação: Norte. Altitude: 634 metros</p>

	<p>Imagem 2: vista do ponto 3.</p> <p>Região de condomínios fechados, como muitos lotes sem residências. Região com poucas residências e fragmentos de vegetação.</p> <p>Orientação: Norte Altitude 631 metros.</p>

	<p>Imagem 3: Vista do ponto 9.</p> <p>Área do município com predomínio de condomínios fechados, com maior ocupação urbana, em comparação aos pontos anteriores.</p> <p>Orientação: Norte Altitude: 683 metros</p>

	<p>Imagem 4: Vista do ponto 12.</p> <p>Área que engloba o centro da cidade, muito urbanizada, com a presença de prédios e casas terras.</p> <p>Orientação: Norte Altitude: 642 metros.</p>

	<p>Imagem 5: Vista do ponto 20.</p> <p>Área densamente urbanizada, com predomínio de área comercial.</p> <p>Orientação: Norte Altitude: 587 metros</p>

	<p>Imagem 6: ponto 26</p> <p>Área residencial, com predomínio de casas térreas.</p> <p>Orientação: Norte</p> <p>Altitude 564</p>

	<p>Imagem: 7: Vista do ponto 32</p> <p>Área com predomínio de plantações e residências em condomínio fechado.</p> <p>Orientação Leste</p> <p>Altitude: 552 metros</p>

	<p>Imagem 8: Vista do ponto 37</p> <p>Área com fragmentos de vegetação e loteamentos sem nenhuma construção. Poucas residências próximas.</p> <p>Orientação: Norte</p> <p>Altitude: 552</p>

Tabela 6: Descrição e características dos pontos dos transectos Oeste-Leste

Os resultados foram apresentados em gráficos com os esquemas conforme Figuras 4 e 5. Os esquemas relacionam a área do transecto e nível de urbanização. Os esquemas não possuem escala e refletem, aproximadamente, as condições de uso do solo ao longo dos transectos. É possível observar que ocorrem 4 níveis, descritos pelas letras (A, B, C, D).

O nível A representa uma área com predomínio de áreas com poucas construções e a ocorrência de vegetação, plantações e pastagens. O nível B apresenta áreas residenciais e áreas verdes. Uma transição entre as áreas rurais e urbanas. O nível C caracteriza-se por área totalmente urbana, com a presença de casas e alguns prédios. O nível D é a área mais urbanizada dos transectos, com presença de comércio, prédios e poucas residências.

Figura 4: Níveis de urbanização sendo que A é o menos urbanizado e D o mais urbanizado – Transecto sul-norte.

As distâncias aproximadas dos trechos, no Tms sul – norte foram:

A – 3 km, B – 2,60 km, C – 1,50 km, D – 2,60 km, C – 2,00 km, A – 3,8 km.

Figura 5: Níveis de urbanização sendo que A é o menos urbanizado e D o mais urbanizado – Transecto oeste-leste.

As distâncias aproximadas dos trechos, no Tms sul – norte foram:

A – 2,0 km, B – 4,40 km, C – 2,0 km, D – 3,0 km, C – 3,8 km, A – 2,3 km.

A variação de altitude no Tms oeste-leste é de 538 metros a 619 metros, já no Tms sul-norte, a variação foi de 549 para 647. As diferenças altimétricas podem influenciar nos resultados, pois a temperatura do ar, em condições de ar seco, e decresce com a elevação da altitude numa proporção de, aproximadamente, 1°C/100 m. (VAREJÃO SILVA, 2001). O valor considerado como médio em relação ao gradiente vertical térmico é de 0,65°C a cada 100 metros de altitude (BARRY; CHORLEY, 2013). Considerando que o Tms sul-norte apresenta variação altimétrica de 98 metros, a variação de 0,65°C deve ser considerada, independentemente do tipo de uso do solo nos pontos de altitude mais elevada. No Tms oeste-leste a variação máxima de altitude é de 81 metros, que também pode influir nos valores de Tar. Os gráficos 3 e 4 demonstram as variações altimétricas dos percursos.

Gráfico 3: Variação de altitudes ao longo do Tms Oeste-Leste

Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 4: Descrição e características dos pontos dos transectos Sul-Norte

Fonte: elaborado pelo autor.

O mapa 5, representa a topografia da área de estudo e de seu entorno. Verifica-se que os transectos passam por áreas com poucas variações altimétricas. Somente no trecho sul do Tms sul-norte há maior variação altimétrica, contudo nos resultados obtidos não houve indícios de que as variações de altitude tenham alterado ou impactado nos resultados, principalmente nos dados de Tar. Vale ressaltar que o valores obtidos em campo, considerando a variação de

temperatura do ar pelo gradiente adiabático médio da atmosfera ($0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) (VAREJÃO, 2001) estão dentro da margem de erro dos equipamentos, não podendo ser considerado com fator determinante na análise da ICU.

Mapa 5: Topografia da área de estudo.

Fonte: elaborado pelo autor.

7.2 Equipamentos

Para coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foram utilizados dois Dataloggers HOBO U12, produzido pela empresa Onset Computer Corporation. O equipamento possui, em relação à temperatura do ar, acurácia de $0,30^{\circ}\text{C}$ entre 0° e 50°C e, em relação UR, acurácia de $\pm 2,5\%$ entre 10 e 90 %.

7.3 Calibragem

Para assegurar que os sensores estariam coletando dados de forma similar, foram feitas calibrações em ambas estações. Para verificar a precisão dos equipamentos, ambos foram colocados em recipiente e deixados registrando a temperatura do ar e a umidade relativa. Na

calibragem de inverno, os registros começaram as 15 horas e 30 minutos do dia 15/07/2019, terminando as 12 horas e 30 minutos do dia 17/07/2019. Os registros foram feitos de hora em hora.

Na calibragem de verão, os registros iniciaram 14 horas do 30/11/2019 e terminaram as 18 horas do dia 01/01/2020. Os gráficos 5 e 6 demonstram os resultados das calibrações dos sensores.

Gráfico 5: Calibragem dos sensores na estação de inverno

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 6: Calibragem dos sensores na estação de verão

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados das calibrações demonstraram que os sensores estavam adequados para serem usados nos experimentos e que as diferenças ficaram dentro das margens de erro estipuladas pelo fabricante.

7.4 Procedimento de coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar

Os pontos, em ambos os Tms, foram determinados pelo momento de coleta dos valores de Tar e Uar. Para localizar o ponto de coleta, foi utilizado aplicativo Geotracker 4.0.0, com a função de marcar pontos com as respectivas coordenadas, que no caso deste estudo, foi programado para marcar os pontos, ao longo dos Tms a cada 5 segundos. A partir da coleta de diversos pontos, ao longo dos Tms, os horários de coleta e a posição dos automóveis foram determinadas. Desta forma, a quantidade de pontos variou nos Tms, pois dependendo da velocidade média desenvolvida, mais dados de temperatura e umidade relativa foram coletados.

Para a coleta dos dados, os dataloggers foram fixados em hastes de madeira, uma em cada automóvel, a cento e oitenta centímetros do solo. Os sensores foram abrigados e um abrigo tipo ABC (Abrigo de Baixo Custo) que possui a função de minimizar as interferências causadas pela radiação solar no sensor (ARMANI; GALVANI, 2006), conforme a figura 5.

Figura 6: Abrigos fixados no automóvel

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram produzidos mapas com os resultados das coletas de Tar e Uar para cada Tms. Para a produção dos mapas com a espacialização dos resultados, utilizou-se o programa Arcgis 10.3. O procedimento utilizado para a geração dos mapas foi o denominado IDW (Inverse Distance Weighting), que produz uma combinação ponderada linearmente de um conjunto de pontos de amostra. O método IDW é um dos mais utilizados para a criação de mapas que demonstram a temperatura do ar, quando os dados coletados estão próximos uns dos outros (PERIN et al., 2015).

7.5 Procedimento para determinação da intensidade das ICUs.

Com o intuito de mensurar a intensidade das ICUs, compararam-se os dados de Tar e Uar, coletados nos Tms nos sentidos oeste-leste e sul-norte, com os dados obtidos pela Estação Meteorológica Automática (EMA) A728, vinculada ao INEMET, para determinar as amplitudes térmicas entre os Tms e a coleta oficial de dados. Para a classificação da intensidade das ICUs, as categorias propostas por Garcia et al (2013, p 249), foram consideradas, conforme tabela 07.

Tabela 7: Intensidade da Ilha de Calor

INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR	
Categorias	Diferença de temperatura do ar
Nula	Inferior ou igual a 0°C
Fraca	Inferior a 2°C
Moderada	Entre 2°C e 4,9°C
Forte	Acima de 5°C

Fonte: Garcia (2013), adaptado pelo autor.

Para calcular a intensidade das ICUs, OKE (2017) propôs a seguinte equação:

$$UHI_{type} = \Delta T_{U-R} = T_U - T_R$$

Onde UHI_{type} é a intensidade da ilha de calor, ΔT é o resultado da subtração entre a temperatura registrada na área urbana, mais elevada e a temperatura na área rural (T_U = Temp. Urbana; T_R =Temperatura da área rural). No presente trabalho, como as Tar registradas estão disponíveis nos mapas e gráficos, optou-se em calcular as diferenças entre as Tar registradas

nos Tms com as registradas na EMA. Para demonstrar os resultados, foram elaborados gráficos de intensidade das ICUs. Foi realizado uma média de elevação ou diminuição da Tar a cada minuto, levando-se em consideração a diferença das temperaturas registradas no momento do início dos Tms na EMA e a registrada uma hora depois. Tal procedimento foi necessário, pois a EMA registra os valores de Tar de hora em hora, ao contrário do registro a cada minuto nos Tms.

Para calcular o aumento ou diminuição de temperatura do ar, foi proposta a seguinte equação, elaborada pelo próprio autor.

$$\text{Intensidade_ICU} = \Delta T_{\text{ponto}} - \Delta T_{\text{EMA}} + \text{ou} - (\text{média de aquecimento ou resfriamento})$$

Onde ΔT_{ponto} corresponde à temperatura do ar registrada em cada ponto dos Tms. ΔT_{EMA} representa a temperatura registrada na EMA no início do Tms. E a média de aquecimento ou resfriamento foi calculada considerando a temperatura da EMA registrada no início dos Tms e a registrada após 1 hora. A diferença entre os registros da EMA foi dividida por 60 minutos e acrescida no cálculo.

8 CARACTERÍSTICA CLIMÁTICA DOS DIAS DE COLETA DE DADOS DE INVERNO.

Para a determinação das condições climáticas, ao longo dos dias dos Tms, foram considerados os dados coletados pela estação meteorológica automática (EMA) do INEMET, localizada em Taubaté, com o código A728, e número na Organização Mundial de Meteorologia (OMM) 86911. Sua localização está nas coordenadas: latitude -23.041668° e Longitude -45.520841°, em uma altitude de 582 metros, conforme mapa 3. A caracterização climática dos dias serviu como parâmetro para determinação da ocorrência de ICUs e suas intensidades, além de caracterizar as condições de temperatura e umidade relativa do ar na região da estação.

8.1 Condições climáticas nos dias 18, 19 e 20/07/2019

As condições climáticas nos dias 18, 19 e 20 de julho de 2019 se caracterizaram por estabilidade atmosférica e condições de céu limpo. A radiação solar global A radiação solar global demonstra que no dia, praticamente, não houve nuvens na região, pois não há diminuição de radiação e a curva descreve o formato de simetria entre o nascer do Sol e a passagem

meridiana e desta até o ocaso. As condições climáticas dos dias do estudo apresentaram pouca nebulosidade, ausência de precipitação e amplitude térmica no dia 18 de 14,1°C, no dia 19 de 15,4°C e no dia 20 de 13,2°C. Os dias que antecederam os Tms, foram marcados por precipitação queda de temperatura do ar, devido a passagem da frente polar atlântica. Após a passagem da frente polar, os dias que se sucederam, ocorreu o predomínio da massa de ar polar, caracterizada exatamente por pouca nebulosidade, elevada amplitude térmica e a curva da radiação solar com uma trajetória senoidal (GALVANI; AZEVEDO, 2003), conforme gráfico 9.

Imagem 1: Imagens do satélite GOES demonstrando a passagem do sistema frontal nos dias que antecederam os Tms.

Fonte: Rede de meteorologia do comando da aeronáutica. Organizado pelo autor.

As imagens de satélites, da esquerda para a direita são dos dias 16, 17, 18, 19, 20 e 21 de julho de 2019. As imagens demonstram a passagem de um sistema frontal que explica a amplitude de temperatura e umidade relativa do ar verificado nos dados da EMA.

As Tar mínimas ocorreram próximas as 7 horas. Somente no dia 19 a mínima ocorreu as 6 horas. As máximas ocorreram próximos as 15 horas. A Uar variou com a amplitude térmica, sendo mais elevada após o pôr do Sol, conforme demonstrado nos gráficos 7 e 8.

Gráfico 7: Características da temperatura e umidade relativa do ar em 18, 19 e 20/07/2019.

Fonte: Estação meteorológica automático do INMET. Elaborado pelo autor

Gráfico 8: Radiação solar global (KJ/m²) em 18, 19 e 20/07/2019

Fonte: Estação meteorológica automático do INMET. Elaborado pelo autor

8.2 Condições climáticas nos dias 2, 3, 4, 5 e 9/01/2020

As condições climáticas nos dias 2, 3, 4, 5 e 9/01/2020 se caracterizaram por períodos de instabilidade atmosférica e condições de céu, predominantemente, encoberto. A radiação solar global apresentou grande variação de energia, ocasionada pela nebulosidade causada pela instabilidade que predominou durante todos os dias de coleta de dados.

As condições climáticas dos dias do estudo apresentaram grande instabilidade, com precipitação registrada em vários dias dos Tms. Na imagem 2, a coletânea de imagens de satélite demonstra a grande nebulosidade na região Sudeste do país, inclusive sobre São Paulo.

Imagem 2: Imagens do satélite GOES demonstrando a nebulosidade da região onde está inserida a área de estudo

Fonte: Rede de meteorologia do comando da aeronáutica. Organizado pelo autor.

O gráfico 9, apresenta a variação de temperatura do ar e umidade relativa ao longo dos dias. A maior amplitude térmica foi registrada no dia 09/01/2020, com 9,2°C. Este dia foi o único a não registrar, em nenhum horário do dia, a ocorrência de precipitação.

Gráfico 9: Características da temperatura e umidade relativa do ar em 02, 03, 04, 05 e 09/01/2020.

Fonte: Estação meteorológica automático do INMET. Elaborado pelo autor

A radiação solar apresentou grande variação, conforme gráfico 10, caracterizada pela ocorrência de nebulosidade em todos os dias dos Tms. Ao contrário do registrado na estação de inverno, onde os dias dos campos apresentaram céu limpo e radiação constante, os realizados em janeiro ocorreram sobre instabilidade atmosférica e menor amplitude térmica. Tais diferenças são esperadas para as respectivas estações do ano.

Gráfico 10: Radiação solar global (KJ/m²) em 02, 03, 04, 05 e 09/01/2020

Fonte: Estação meteorológica automático do INMET. Elaborado pelo autor

O gráfico 11 apresenta as precipitações por horários de cada dia dos Tms de verão. Em todos os dias, com exceção do dia 09/01/2020, ocorreram precipitações. Essa foi a razão pela qual os dias e os horários dos percursos não puderam ser realizados em sequência como feito no mês de julho.

Gráfico 11: Precipitação nos dias dos transectos móveis de verão

Fonte: Estação meteorológica automático do INMET. Elaborado pelo autor

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

9.1 Tms em 18/07/2019 – Estação de Inverno.

Os dados coletados e especializados nos mapas e nos gráficos demonstraram que as áreas mais urbanizadas de Taubaté, que podem ser visualizadas pela densidade de arruamentos, apresentaram as maiores temperaturas em relação ao entorno menos urbanizado, assim como menores níveis de umidade relativa do ar em comparação aos locais menos urbanizados. Essa característica foi observada em diversos trabalhos, como Anunciação e Sant'Anna Neto (2000), Alcofarado e Andrade (2006), Silva et al. (2018), Fialho (2009), Amorim (2005), Betchel et al (2019), Pinheiro (2018) entre outros. Em todos os dias das coletas de inverno, no período noturno e do fim da madrugada, as intensidades das ICUs foram moderadas e a Tar mais elevadas foram registradas nas áreas urbanas.

9.2 Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos

O transecto oeste-leste registrou 45 pontos de medidas. Os dados da Tar demonstraram que a Tar mínima foi registrada no ponto 4 em 8°C. A Tar a máxima foi de 11,7°C nos pontos 31 e 32, apresentando uma amplitude térmica de 3,7° C. O ponto 8, caracterizado pelo nível de urbanização B. Os pontos 31 e 32, localizam-se em área de nível D, ou seja, o mais urbanizado. No último ponto a Tar foi de 10,9 °C. A Uar não apresentou grande variação. O registro mais elevado da Tar foi de 88,1% no ponto 6, e o menos elevado de 81,6% no ponto 27, com amplitude de 6,5 % durante todo o Tms, conforme demonstrado no gráfico 12.

Gráfico 12: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados coletados no percurso sul-norte, com 37 pontos de coleta, demonstraram que a Tar, ao longo do Tms, apresentou amplitude térmica de 4°C. A Tar mais baixa foi registrada no ponto 7 em 7,5°C. O ponto 7 localiza-se na transição entre os níveis A e B de urbanização, além do fato de ser o ponto de altitude mais elevada do Tms. A Tar mais elevada foi registrada nos pontos 25, 26 e 27, área caracteriza pelo nível de urbanização D, em 11,5°C. Em ambos os Tms, a Uar diminuiu de acordo com o aumento da Tar e da intensidade da urbanização. A umidade relativa do ar variou em 5,5 %, entre 81,8% no ponto 30 e 87,3% no ponto 13. Em ambos Tms, as Tar mais elevadas foram registradas na região mais urbanizada. O gráfico 13 demonstra a variação da Tar ao longo do Tms sul-norte.

Gráfico 13: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019

O mapa 06 apresenta a ocorrência de temperaturas mais elevadas nas áreas mais urbanizadas, caracterizando a ocorrência de uma ICU. Nota-se que, embora as temperaturas tenham sido elevadas na parte leste, se comparadas com as registradas nos trechos oeste e sul, a região central, com maior nível de urbanização, foi a que apresentou a Tar mais elevada. A região mais urbanizada pode ser identificada pela intensidade de arruamentos.

Mapa 6: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor

O mapa 07 mostra a variação da Uar ao longo dos Tms. Embora a variação da Uar, em ambos transectos tenha sido pequena, os menores valores registrados foram nas áreas mais urbanizadas e com maiores valores de Tar. Não se pode afirmar, necessariamente, que a variação da Uar seja em razão da urbanização e diminuição da área vegetada, aparentando estar mais vinculada a variação da Tar.

Mapa 7: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 18/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação a intensidade da ICU, algumas regiões da área de estudo apresentaram diferença de $3,4^{\circ}\text{C}$. As maiores intensidades ocorreram nas áreas mais urbanizadas de nível de urbanização C e D, em ambos Tms, demonstrando a ocorrência, no início da manhã, e em condições de inverno, de uma ICU moderada nas áreas mais urbanizadas. Entre os pontos 2 e 9 do Tms sul-norte, registrou-se a não ocorrência da ICU, com temperaturas mais baixas que as registradas na EMA. Nos pontos. Entre os pontos 6 e 15, no Tms oeste-leste, a intensidade foi fraca, sendo moderada a partir do ponto 16. No Tms sul-norte a ICU foi fraca entre os pontos 9 e 15 e moderada do ponto 16 em diante, com exceção do último ponto, que registrou diferença de $1,8^{\circ}\text{C}$, caracterizando a ICU como fraca. O gráfico 14 demonstra a intensidade da ICU.

Gráfico 14: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5h e 10 minutos em 18/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

9.3 Tms realizados a partir das 14 horas

No Tms realizado no sentido oeste-leste, foram registrados 44 pontos de coleta. A Tar mais elevada foi registrada no ponto 31 com 22,5°C. A Tar menos elevada foi registrada no ponto 13, em 21,2°C. A amplitude térmica máxima no Tms foi de 1,3°C, demonstrando que no horário das 14 horas, quando comparado com o final da madrugada, as amplitudes são menores. O aquecimento entre o ponto 21 e 31, coincide com as áreas de elevada urbanização, de nível C e D. A. Em relação à Uar, a variação foi pouco elevada, entre 51,8% e 55,1%., com apenas 3,3 % de amplitude, conforme demonstrado no gráfico 15.

Gráfico 15: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 18/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms sul – norte, com o registro de 37 pontos de coleta, Tar mais elevada foi de 22,8°C registrada no ponto 26, área de nível de urbanização C. A Tar mais baixa foi registrada em 21,7°C entre os pontos 8 e 13, trecho de nível de urbanização B. Esses pontos se localizam em uma área com poucas construções e alguns condomínios residenciais. Embora a altitude dos pontos 8 e 9 sejam as mais elevadas do Tms, a diferença térmica não recebeu ou teve pouca influência. Entre os pontos 14 e 26 ocorreu o maior aumento Tar, coincidindo com o momento de coleta em áreas mais urbanizadas. Contudo, a variação de temperatura foi de apenas 1,1°C. A Uar variou de acordo com a variação da Tar. Suas máximas e mínimas foram de 55,1 % no ponto 7 e 50,2% no ponto 31, não ocorrendo grande variação, apenas 4,9%, conforme demonstrado no gráfico 16.

Gráfico 16: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 18/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os Tms realizados no período da tarde apresentaram curvas da Tar mais homogêneas. É possível identificar maior aquecimento na área mais urbanizada em comparação com as áreas menos urbanizadas, contudo com a radiação solar intensa, a variação térmica é muito pequena, de apenas 1,1°C, que caracterizaria a ICU com sendo fraca. O mapa 08 demonstra as diferenças térmicas ao longo dos Tms.

Mapa 8: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 18/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Uar apresentou, assim como a Tar, pouca variação, apenas 4,4% no máximo. A variação da Uar se deu de acordo com a variação da Tar, demonstrando que as variações da Uar estão relacionadas, principalmente, com a variação de temperatura. O mapa 9 mostrou que os menores registros de Uar ocorreram no trecho centro-norte.

Mapa 9: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 18/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

A intensidade da ICU foi fraca na maior parte dos percursos. No Tms oeste-leste, a ICU permaneceu fraca durante todo o percurso, sendo moderada somente entre os pontos 29 e 31, nível de urbanização que transita do D para o C. No Tms sul-norte, a ICU foi fraca na maior parte do trajeto, com exceção entre os pontos 25 e 34, com intensidade moderada e nível de urbanização transitando de C para A. A maior amplitude foi de 2,6 °C, conforme gráfico 17.

Gráfico 17: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 18/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

9.4 Tms realizados a partir das 20 horas

No Tms oeste-leste a Tar apresentou pequena variação durante quase todo o trajeto, com queda a partir do ponto 28. A temperatura mais elevada foi registrada no ponto 10 em 16,6°C, caracterizado pelo nível C de urbanização. A Tar menos elevada foi registrada no ponto 42, em 14,2°C, caracteriza pelo nível de urbanização A. A diferença foi de 2,4°C. A umidade relativa variou de 65,7% a 71,6%, variando de acordo com as mudanças da Tar, conforme verificado no gráfico 18.

Gráfico 18: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 18/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms sul-norte a variação de Tar esteve mais correlacionada com as mudanças no uso e ocupação do solo, pois o aumento esteve relacionado com a maior densidade urbana. A Tar menos elevada foi registrada, com o mesmo valor, nos pontos 9 e 10, em 14,0°C, trecho de nível de urbanização B. Já temperatura mais elevada registrada em 16,5°C entre os pontos 27 e 32, trecho de urbanização de nível C. A amplitude foi de 2,5°C, similar a registrada no Tms oeste-leste, A Uar variou de 77,6% no ponto 10, onde a temperatura foi mais baixa para 65,7% no ponto 31, local de temperatura mais elevada, conforme demonstrado no gráfico 19.

Gráfico 19: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 18/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os Tms realizados as 20 horas apresentaram características diferentes se comparados entre si. O de oeste-leste só apresentou Tar menos elevadas no final do percurso, já o transecto sul-norte apresentou uma condição de Tar menos elevadas nas áreas menos urbanizadas. O aquecimento mais intenso ocorreu na área mais urbanizada e, considerando a amplitude térmica na área mais aquecida, há a ocorrência de uma ICU de fraca intensidade, conforme pode ser visualizado no mapa 10.

Mapa 10: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas em 18/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

O mapa 11 demonstra que a Uar variou de acordo com a Tar, sendo mais intensa no trecho sul. A variação foi pequena, de no máximo 9,9%, contudo é importante salientar que a parte sul da área de estudo é a que apresenta maior intensidade de vegetação e menos áreas urbanizadas, além de maior variação altimétrica. A maior Uar foi registrada em trecho de nível A e B.

Mapa 11: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas em 18/07/2019

Fonte: Elaborado pelo autor.

A temperatura registrada no início do percurso na EMA foi de 13,9°C as 20 horas e 12,1°C as 20 horas, com taxa de resfriamento médio de 0,02°C. Houve predomínio de intensidades da ICU fracas e moderadas. Em alguns pontos de ambos Tms, os registros de Tar foram inferiores aos registrados na EMA. Tal característica denota a uma ICU nula (GARCIA et al. 2013). Após o ponto 40, no transecto oeste-leste houve resfriamento em relação a EMA, mesma situação entre os pontos 9 e 12. O gráfico 20 demonstra as intensidades da ICU. As amplitudes mais elevadas ocorreram de formas distintas considerando cada Tms. A maior amplitude da Tar, no Tms oeste-leste ocorreu em áreas com níveis de urbanização B, C e D, contudo no Tms sul-norte, as maiores amplitudes ocorreram nos níveis C e D. As variações de Tar podem estar relacionadas com a variação da temperatura do ar na EMA, pois houve um resfriamento de 1,8°C. No Tms oeste-leste, por se iniciar em área mais urbanizada que o Tms sul-norte, as temperaturas variaram menos se comparadas com o sul-norte, que apresenta um aquecimento conforme a urbanização vai se tornando mais presente.

Gráfico 20: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 18/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Os Tms realizados em 18/07/2019 demonstraram que, no período noturno e do final da madrugada, as temperaturas mais elevadas foram registradas nas áreas mais urbanizadas, corroborando com estudos realizados em cidades na área tropical por Amorim (2005), Amorim (2009), Saydelles (2005), Fialho (2009), Silva (2018) e Armani (2015), que apontaram as temperaturas mais elevadas nas áreas mais urbanizadas. Quanto aos Tms realizados no período da tarde, embora as máximas Tar não tenham ocorrido nas áreas mais intensamente urbanizadas, ainda sim foram superiores nas áreas de nível de urbanização C em comparação aos níveis A e B.

10 Tms em 19/07/2019

10.1 Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos

O Tms oeste-leste, teve um total de 42 pontos, e registrou a temperatura do ar mais baixa no ponto 3, em 9,8°C, ponto em área de nível de urbanização A. As temperaturas foram se elevando a partir do ponto 14, chegando ao máximo de 12,2 °C entre os pontos 24 e 26, área de nível de urbanização D. A umidade relativa variou de 87,3% para 78,6%, mantendo-se elevada em todo o percurso. A elevação da Tar esteve relacionada à intensidade da urbanização, assim como as temperaturas mais baixas com a menor ocupação do solo, conforme gráfico 21.

Gráfico 21: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms sul-norte, com 35 pontos, a variação da Tar e da Uar foi muito similar ao verificado no transecto oeste-leste em relação à urbanização. A menor temperatura do ar registrada foi no ponto 9 em 7,9°C, trecho com nível de urbanização B. A Tar mais elevada foi entre os pontos 21 e 23 em 12,0°C, área de nível de urbanização D e C. A Uar teve sua máxima no ponto 10 em 77,6% e sua mínima no ponto 32 em 65,9 %. A amplitude térmica foi de 4,1°C ao longo do Tms, conforme verificado no gráfico 22.

Gráfico 22: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Os Tms realizados neste horário apresentaram variação de temperatura e umidade relativa do ar correspondente as diferenças de níveis de urbanização. Os registros de temperatura do ar mais baixas e de umidade relativa mais elevadas foram em momentos dos Tms em que a urbanização era menor, já as temperaturas mais elevadas e também os registros de umidade relativa mais baixos ocorreram nas regiões mais urbanizadas. A área mais aquecida foi a parte central e mais urbanizada, com a ocorrência de uma ICU moderada, conforme demonstrado no mapa 12.

Mapa 12: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

A umidade relativa do ar foi mais elevada nos trechos oeste e sul e menos elevada na região central e mais urbanizada. Contudo, ressalta-se que a variação da umidade relativa foi de menos de 10%, sendo menos impactante que a variação da Tar. O mapa 13 demonstra as áreas com maiores e menores registros de Uar.

Mapa 13: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

A intensidade da ICU foi moderada em todo o Tms Oeste-Leste, e fraca no Tms Sul-Norte entre os pontos 1 e 13. No restante do percurso, a ICU foi moderada. As diferenças entre a temperatura do ar chegaram a 4,4°C. As temperaturas registradas na EMA, as 5 horas e as 6 horas da manhã foram iguais, em 7,8°C.

As Tar mais elevadas e as Uar mais baixas ocorreram em áreas de níveis de urbanização C e D em ambos Tms, conforme visualizado no gráfico 23.

Gráfico 23: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5h10 minutos em 19/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

10.2 Tms realizados a partir das 14 horas

O Tms Oeste-Leste registrou de 45 pontos de Tar e Uar, apresentou variações pouco significativas. A Tar mínima registrada foi no ponto 43 em 22,8°C trecho caracterizado pelo nível de urbanização A. Já a mais elevada foi registrada no ponto 26, em 24,0°C, trecho caracterizado pelo nível de urbanização D. A amplitude térmica foi de apenas 1,2°C. A umidade relativa registrou seu mínimo no ponto 25, área com pouca vegetação, em 44,9%. A taxa máxima foi registrada no ponto 1 com 49,7%, conforme visualizado no gráfico 24.

Gráfico 24: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 19/07/2019.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Tms Sul-Norte, com 38 pontos de registro, apresentou variação de Tar e Uar de baixa amplitude. A Tar menos elevada foi registrada entre os pontos 5 e 6, em 22,6°C, trecho caracterizado pelo nível de urbanização A. Já a mais elevada foi registrada em 24,2°C no ponto 25, trecho caracterizado por um nível de urbanização C, com amplitude térmica de 1,6°C. A umidade relativa variou de 44,1% no ponto 25 a 48,9% no ponto 6, correspondente as temperaturas mais e menos elevadas. Nota-se, no gráfico 25, que os maiores registros de Tar foram na área mais urbanizada.

Gráfico 25: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte 14 horas em 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os Tms realizados as 14 horas, apresentaram características que indicam a ocorrência de temperaturas mais elevadas e umidade relativa mais baixa nas áreas mais urbanizadas. A menores Tar foram registradas nos pontos iniciais do Tms sul-norte, área caracterizada por nível de urbanização A. O mapa 14 indica a ocorrência de Tar mais elevada na região central da área de estudo.

Mapa 14: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Uar foi mais elevada nos trechos iniciais e finais dos Tms, de acordo com a variação Tar. A menor Uar registrada foi na região central e mais aquecida. Vale ressaltar que durante a estação de inverno, no horário das 14 horas, os índices de Uar são comumente mais baixos devido as temperaturas mais elevadas. O mapa 15 demonstra os índices de Uar ao longo dos transectos.

Mapa 15: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 19/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação à intensidade da ICU, considerando a Tar registrada as 14 horas em 22,4°C na EMA, ambos os transectos apresentaram condições de ICU fraca, contudo mesmo com tal intensidade, as maiores diferenças de temperatura do ar foram registradas na região central, entre os pontos 17 e 27 no transecto sul-norte e entre os pontos 18 e 36 no transecto oeste-leste, trechos caracterizados pelos níveis de urbanização C e D, caracterizando a ocorrência da ICU nas áreas com maior densidade urbana. A maior amplitude térmica foi de 2,0°C, no ponto 25, conforme apresentado no gráfico 26.

Gráfico 26: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

10.3 Tms realizados a partir das 20 horas

No Tms oeste-leste, com 42 pontos de registro, a variação da Tar apresentou uma amplitude máxima de 3,2°C ao longo do trajeto. A Tar máxima foi de 17,5°C entre os pontos 24 e 28°, caracterizados pelo nível de urbanização D. A Tar mais baixa foi de 14,3°C no ponto 5, em área de caracterizada pelo nível de urbanização. A Uar registrou seu máximo no ponto 5 em 80,5% e a mínima em 65,9% no ponto 21. Assim como nos outros momentos, a variação de Tar e Uar seguiu o padrão da ocorrência da ICU, como verificado no gráfico 27, com temperatura mais elevadas na região mais urbanizada.

Gráfico 27: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms Sul-Norte, com 37 registros, a variação da Tar e Uar do ar apresentou característica similar as verificadas no Tms oeste-leste, ou seja, as Tar mais elevadas foram registradas nas áreas mais urbanizadas e a umidade relativa esteve menos elevada no momento em que as temperaturas eram mais elevadas e a vegetação mais escassa.

A amplitude térmica foi de 4,9 °C, com a Tar mais elevada registrando 17,7°C, entre os pontos 27 e 28, caracterizados pelo nível de urbanização C. A Tar mais baixa foi de 12,8°C, no ponto 8, caracterizado por ser um trecho com nível de urbanização de nível B. A umidade relativa variou em 15,7%, com o registro mais elevado no ponto 9 em 81,9% e o mais baixo em 66,2 no ponto 21, conforme registrado no gráfico 28.

Gráfico 28: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 19/07/2019

Os resultados dos Tms das 20 horas indicaram a ocorrência de ICU na região com maior densidade de edificações, pois as temperaturas mais elevadas foram registradas na região central da área de estudo, caracterizadas pelo nível de urbanização D e C. A umidade relativa foi mais baixa nas áreas com temperaturas mais elevadas e menos vegetação. Os pontos com Tar mais baixa foram registrados no transecto sul-norte. A mancha com as maiores Tar se coincidem com a parte mais densamente urbanizada, conforme mapa 16.

Mapa 16: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Uar foi mais baixa nas áreas com maior nível de urbanização, C e D. Os pontos com Tar mais baixa foram registrados no trecho sul, onde foram registrados os maiores índices de Uar. A amplitude de 15% ocorreu em uma distância de aproximadamente 2 km, no momento da transição da área menos urbanizada para a mais urbanizada. Vale ressaltar que também foram verificadas taxas de Uar mais baixas em níveis de urbanização B, contudo a variação foi pouco significativa. O mapa 17 apresenta um panorama dos índices de Uar ao longo dos transectos móveis.

Mapa 17: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

. O Tms oeste-leste apresentou intensidade fraca entre os pontos 3 e 6, caracterizado pelo nível de urbanização A e moderada no restante do percurso, sendo mais intensa no nível de urbanização D. No Tms sul-norte a intensidade foi fraca entre os pontos 1 e 12, caracterizada pelo nível de urbanização A e B, e moderada no restante do percurso, sendo mais intensa no trecho de nível de urbanização D. A Intensidade chegou a 4,9°C nos pontos 27 e 28. Considerando a intensidade da ICU, verificou-se, conforme gráfico 29, que as maiores diferenças de Tar ocorreram em trechos de maior urbanização.

Gráfico 29: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 19/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Nos Tms do dia 19/07/2019, os dados demonstraram, em todos os horários, as áreas mais urbanizadas, de nível C e D, com Tar mais elevadas que os trechos caracterizados por níveis de urbanização A e B. As maiores diferenças intraurbanas de Tar ocorreram nos transectos noturnos e da madrugada, demonstrando que mesmo após horas sem a energia oriunda da radiação solar, a perda de calor permanece ativa por toda a madrugada. como verificado em Viçosa, em 2009 por Fialho (2009).

11 Tms em 20/07/2019

11.1 Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos

No Tms Oeste-Leste, com 39 pontos de coleta, a amplitude térmica foi de 2,4°C. As menores Tar ocorreram nos pontos 3 e 4, registrando 11,9°C, trecho com nível de urbanização A. A Tar mais elevada foi registrada entre os pontos 19 e 24, em 14,3°C, trecho caracterizado pelo nível de urbanização D. A Uar apresentou pouca variação, com registro mínimo no ponto 23 em 80,7% e máximo no ponto 5 em 86,7%. A variação da Tar e Uar podem ser verificadas no gráfico 30.

Gráfico 30: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019

No Tms Sul-Norte, foram registrados 35 pontos de coleta e a Tar apresentou elevação acentuada a partir do ponto 9. A amplitude térmica foi de 4,1°C. A menor Tar foi registrada no ponto 7 e 8 em 10,1°C, localizados na transição do nível de urbanização de A para B. A Tar mais elevada foi de 14,2°C entre os pontos 26 a 30, trecho localizado em nível de urbanização C. A Uar variou de acordo com a Tar. Os menores índices ocorreram na área mais urbanizada e de maior temperatura. A umidade relativa mais elevada ocorreu nos pontos 15 e 16 em 88,3% e a mais baixa nos pontos 29 e 31 em 81,7%. O gráfico 31 representa a variação da Uar e da Tar ao longo do Tms. Os maiores registros de Tar foram em níveis de urbanização C e D.

Gráfico 31: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os Tms realizados demonstraram que as Tar mais baixas foram registradas nas áreas menores níveis de urbanização, já as mais elevadas nas áreas com maior nível de urbanização. Na região central, de níveis C e D a Tar foi mais elevada, com variação de 4,1°C para alguns trechos dos percursos. As áreas mais próximas ao centro também ficaram mais aquecidas que a extremidade, caracterizando a ocorrência de uma ICU moderada, conforme demonstrado no mapa 18.

Mapa 18: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Uar foi mais elevada nas regiões com menores Tar e mais baixa em trechos que a Tar foi mais elevada. Vale salientar que as variações foram modestas, permanecendo em todos os transectos entre acima de 80%. Os trechos em que a Uar foi menor são os que apresentaram os níveis de urbanização C e D, conforme mapa 19.

Mapa 19: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos em 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms oeste-leste, entre os pontos 1 e 6 a intensidade da ICU foi fraca em um trecho de nível de urbanização A. A partir do ponto 7 a ICU passou a ser moderada no restante do percurso, com a maior amplitude registrada no nível de urbanização D. Entre os pontos 11 e 31, a diferença foi entre 3,0°C e 3,3°C. No Tms norte-sul a intensidade foi nula, entre os pontos 1 e 11 passou para fraca até o ponto 16 e moderada até o fim do transecto. O ponto 16 está localizado entre os níveis de urbanização C e D. O gráfico 32 apresenta as amplitudes térmicas verificadas nos Tms.

Gráfico 32: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5h10 minutos em 20/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

11.2 Tms realizados a partir das 14 horas

No transecto Oeste-Leste, foram registrados 41 pontos de coleta com variação de Tar de apenas 0,8°C entre os pontos de máxima e mínima. A Tar mínima foi de 23,7°C, no ponto 10, local com nível de urbanização B. A Tar máxima foi de 24,5°C no ponto 28, ponto com nível de urbanização nível D. A Uar variou muito pouco, somente 6,5%. O registro mais elevado foi no ponto 1 com 55,1% e o ponto com menor taxa foi o 27 com 48,6, conforme o gráfico 33 demonstra.

Gráfico 33: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms sul-norte, foram coletados 38 pontos de Tar e Uar. A Tar foi mais elevada nas áreas mais urbanizadas, contudo variou apenas 1,4°C por todo o percurso. A Tar mínima foi de 23,4°C entre os pontos 5 e 7, trecho com nível de urbanização A. A máxima foi registrada em 24,8°C entre os pontos 28 e 34, trecho com nível de urbanização C e A. A amplitude térmica máxima foi de 1,4°C. A umidade relativa do ar apresentou a amplitude foi de 7,7%, sendo máxima no ponto 8 em 54,4% e mínima no ponto 30 com 46,7%, conforme o gráfico 34.

Gráfico 34: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 20/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Os transectos realizados as 14 horas apresentaram maior aquecimento na parte norte da área de estudo, embora as diferenças tenham sido relativamente pequenas, a ocorrência da ICU aconteceu na parte norte, que não é a mais urbanizada. A intensidade foi de fraca a moderada. O mapa 20 demonstra as diferentes temperaturas durante os transectos.

Mapa 20: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 20/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Como em todos os transectos anteriores, a Uar seguiu o mesmo padrão verificado em relação a variação da Tar, pois as menores Uar foram coletadas nos pontos com maiores temperaturas, conforme verificado no mapa 21:

Mapa 21: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação à intensidade da ICU, o transecto oeste-leste apresentou intensidade fraca durante todo o percurso, já o transecto sul-norte, entre o ponto 28 e 34, a intensidade foi moderada, contudo a amplitude foi de 2,0°C, apenas 0,1°C acima da intensidade considerada fraca. A Tar mais elevada no final dos percursos pode estar relacionada ao fato de maior exposição à radiação solar, pois os pontos mais quentes foram registrados entre 28 e 30 minutos após o início dos transectos. A variação de temperatura da EMA foi de 0,4 °C entre as 14 e 15 horas. O gráfico 35 apresenta a amplitude térmica dos Tms.

Gráfico 35: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 20/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

11.3 Tms realizados a partir das 20 horas.

No Tms oeste-leste foram registrados 41 pontos de coleta de dados. A variação de temperatura foi de 16,9°C nos pontos 3 e 4, com nível de urbanização A, e 19,6°C nos pontos 20,21 e 22, trecho com nível de urbanização D. A amplitude foi de 2,7°C. A Uar variou 62,1% no ponto 21, mínima registrada, para 73,9%, máxima registrada no ponto 3. Conforme pode ser visto no gráfico 35, a área com Tar mais elevadas foram as mais urbanizadas. O gráfico 36 demonstra a variação da Tar e Uar ao longo do trajeto.

Gráfico 36: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms sul-norte, foram registrados 37 pontos de Tar e Uar. A Tar mínima foi de 13,1°C no ponto 8, caracterizado pelo nível de urbanização B, e 19,5°C entre os pontos 21 e 24, trecho entre os níveis de urbanização D e C. A amplitude térmica foi de 6,4°C, a maior registrada em todos os 18 transectos de inverno. A Uar variou de 62,8%, mínima registrada no ponto 24, a 83,6% no ponto 10. A região mais urbanizada apresentou as mais elevadas Tar, com destaque para o rápido aquecimento a partir do ponto 9, coincidindo com a intensificação da urbanização, conforme visualizado no gráfico 37.

Gráfico 37: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 20/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Os transectos realizados demonstraram que as maiores Tar foram registradas na região mais urbanizada, entre os pontos 15 e 30 no sentido Oeste-Leste e 14 e 29 no percurso Sul-Norte. A amplitude térmica entre a máxima e mínima temperatura foi 6,6°C. A umidade relativa do ar variou 21,6% e foi mais baixa nas áreas mais urbanizadas. O mapa 22 demonstra a ocorrência da ICU na área de maior nível de urbanização.

Mapa 22: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

. A umidade relativa do ar variou 21,6% e foi mais baixa nas áreas mais urbanizadas, contudo sempre esteve acima de 60%, portanto apresentou índices elevados. O fato do trecho sul ter registrado Tar tão baixas, consequentemente ocorreu um aumento da Uar na região. A variação máxima superior a 20% foi a maior registrada, considerando todos os Tms realizados, assim como a maior amplitude térmica, também verificada nestes transectos. O mapa 23 demonstra umidade registrada nos Tms.

Mapa 23: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 20/07/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

A intensidade da ICU foi a mais elevada de todos os transectos de inverno. Entre os pontos 17 e 27, do Tms oeste-leste, a intensidade da ICU foi forte, em uma área com nível de urbanização de nível C e D. No Tms Sul-Norte, a intensidade foi nula entre os pontos 5 e 10. O trecho em questão possui nível de urbanização de A e B.

Entre os pontos 18 e 28, com amplitude térmica de 5,4°C. O trecho varia do nível de urbanização D para C. As maiores intensidades da ICU foram registradas na área mais urbanizada, como demonstrado no gráfico 38.

Gráfico 38: Intensidade da ICU nos transectos iniciados 20 horas em 20/07/2019.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os transectos do dia 20/07/2019, apresentaram as maiores intensidades de ICU, nos períodos noturnos e da madrugada, assim como verificado em vários trabalhos já citados, realizados em latitudes semelhantes à da área de estudo. O Tms das 14 horas apresentou pouca variação de Tar e de Uar ao longo dos percursos. Vale ressaltar que o dia 20/07/2019 foi o mais quente de todos os dias, pois a alta pressão que dominava a atmosfera já apresentava tropicalização. Nota-se que, nessas condições, ocorreram as maiores diferenças de Tar no período noturno, contudo maior proximidade nas diferenças de Tar e Uar no período da tarde.

Em todos os transectos realizados no inverno as características higrométricas revelaram uma relação entre o aumento da Tar e da urbanização e a variação da Uar. As características verificadas na área de estudo se assemelham as variações encontrada por Pinheiro (2018) na cidade de São Luís.

12 TMS NA ESTAÇÃO DE VERÃO

Os Tms realizados durante a estação de verão não ocorreram em dias seguidos como nos de inverno, pois as condições atmosféricas não permaneceram estáveis, fazendo com que os percursos fossem realizados em uma maior quantidade de dias.

12.1 Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos – 02/01/2020.

Os Tms realizados no horário em questão, demonstraram que as Tar mais elevadas foram registradas na região mais urbanizada, entre os pontos 17 e 31 no sentido oeste-leste. A

amplitude térmica foi de 0,8°C. A Uar variou 4,2% e foi mais baixa nas áreas mais urbanizadas. A Tar mínima foi registrada em 21,6°C no ponto 8, com nível de urbanização B. A Tar mais elevada foi registrada em 22,4°C, entre os pontos 22, 23, 25, 26, 27 e 28, trecho com nível e urbanização D. O gráfico 39, demonstra a variação da Tar e Uar ao longo do transecto.

Gráfico 39: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste – leste 5 horas e 10 minutos em 02/01/2020

Fonte: elaborado pelo autor.

No Tms sul –norte as Tar mais elevadas foram registradas em 22,4°C entre os pontos 20 e 34. Neste trecho, o nível de urbanização varia de D e C. A Tar mais baixa foi de 20,7 °C no ponto 6, trecho om nível de urbanização A. A amplitude térmica registrada foi 1,7°C. A umidade relativa variou entre 84,6% e 88,6%. A Tar se elevou a partir do ponto 7, quando o percurso passa por áreas mais urbanizadas, com diminuição dos valores registrados após o ponto 27, quando o transecto passou por um trecho menos urbanizado, conforme demonstrado no gráfico 40.

Gráfico 40: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 02/01/2020

No mapa 24 ficou evidente que a área dos Tms com Tar mais elevadas coincidem com a parte mais urbanizada de nível C e D. Embora a amplitude térmica entre os transectos tenha sido, no máximo 1,7°C, há a ocorrência de aquecimento da parte central da área de estudo, indicando a ocorrência da ICU.

Mapa 24: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas e 10 minutos do dia 02/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A umidade relativa do apresentou taxas de variação de apenas 4%, contudo os valores com menor registro ocorreram onde as temperaturas apresentaram maiores valores. A região mais urbanizada apresentou as menores taxas de Uar quando comparadas com os setores sul, oeste e leste. Vale ressaltar que, embora tenham ocorrido variações da Uar, ela foi muito pequena e com pouco impacto no estudo. No mapa 25 estão demonstradas as Uar na área de estudo.

Mapa 25: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 02/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação à intensidade da ICU, o Tms oeste-leste, apresentou intensidade fraca, com amplitude térmica máxima de 1,2 °C. Contudo, as maiores amplitudes foram verificadas na área e nível de urbanização D. O transecto sul-norte foi nulo até o ponto 10, trecho com nível de urbanização A e B, sendo de intensidade fraca no restante do percurso. A maior amplitude, no transecto sul-norte, foi de 1,2 °C no trecho de nível de urbanização D.

Ambos transectos, apresentaram suas maiores amplitudes nas áreas mais urbanizadas de nível D, evidenciando que, mesmo que fraca, há a ocorrência de ICU, conforme o gráfico 41.

Gráfico 41: Intensidade da ICU nos transectos iniciados 5 horas e 10 minutos em 02/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor

Nos Tms realizados em 02/01/2020, as Tar mais elevadas foram registradas nas áreas urbanas em comparação as áreas menos urbanizadas, com verificados nos estudos citados anteriormente. Contudo, a variação de da Tar foi menos intensa que o verificado no mesmo horário no inverno. No geral, todos os estudos levantados no trabalho demonstram maior intensidade da ICU no inverno, embora Dorigon (2015), tenha encontrado maior intensidade de ICU no verão, em Paranavaí, PR. Considerando que esta cidade se localiza em área subtropical, é previsível que possa apresentar alguma diferença com a área de estudo.

13 Tms em 03/01/2020 – Estação de verão

13.1 Tms realizados a partir das 14 horas

O Tms realizado no período das 14 horas, no sentido oeste-este, apresentou a Tar mais elevada no ponto 28, registrando e 27,4 °C, em uma área com nível de urbanização D. A Tar mínima foi de 24,8°C no ponto 45, caracterizado pelo nível de urbanização A. A diferença entre a Tar máxima e mínima, respectivamente 27,4 e 24,8 foi de 2,6 °C. A Uar variou 20,6%, sendo de 78,7% no ponto 45 e 58,1% no ponto 2. A variação da Uar está relacionada a uma leve precipitação ocorrida na parte final do percurso. O registro da estação, marcou 0,2 mm de precipitação. A variação da Tar entre os pontos, demonstrou uma ICU fraca, com as temperaturas mais elevadas nas áreas mais urbanizadas e menores nas áreas menos urbanizadas, conforme demonstrado no gráfico 42.

Gráfico 42: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 03/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Tms sul – norte apresentou variação de Tar de acordo com o transcorrer do percurso. A Tar mais elevada foi registrada entre os pontos 22 e 26, com nível de urbanização C e 32 e 34, com nível de urbanização A, com registro de 27,3 °C. A Tar menos elevada foi registrada no ponto 13, com 25,8 °C, caracterizado pelo nível de urbanização B. A amplitude máxima verificada foi de 1,5 °C, demonstrando a ocorrência de uma ICU fraca. A Uar apresentou variação de acordo com a variação da Tar. O registro mínimo foi de 64%, no ponto 32, e o máximo foi de 74,5 % no ponto 13, conforme o gráfico 43.

A diferença da umidade relativa nos transectos, se refere ao fato de no transecto sul – norte não ter ocorrido precipitação no mesmo horário, pois a chuva nesse dia ocorreu de forma isolada.

Gráfico 43: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 03/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa 26, demonstrou que a Tar mais elevada ocorreu na área mais urbanizada. Durante os percursos, ocorreram variações na radiação, pois em determinados períodos o Sol era encoberto pelas nuvens, algo que pode variar, mesmo que momentaneamente a temperatura do ar. Além disso, foi registrada, no final do trecho leste, a partir do ponto 35, uma precipitação fraca que permitiu a manutenção do transecto, contudo provocando uma queda da Tar mais acentuada em comparação com o Tms sul-norte.

Mapa 26: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas em 03/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor

A Uar foi mais elevada na parte leste da área de estudo, pois durante os percursos, uma pequena precipitação foi registrada, conforme demonstrado no gráfico 41. Embora tenha sido uma chuva de volume baixo, foi o suficiente para aumentar a umidade relativa e destacar o trecho leste como mais úmido, conforme verificado no mapa 27.

Mapa 27: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 03/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A intensidade da ICU, em ambos os transectos, foi fraca na maior parte dos pontos, e em alguns momentos, moderada por superar 2 °C. No sentido oeste-leste, a maior amplitude foi registrada no ponto 28, caracterizado com o nível de urbanização D, com 2,3 °C. No sentido sul-norte, a maior amplitude foi registrada no ponto 34, com 2,3 °C, em uma área com nível de urbanização A. No transecto oeste-leste, a maior amplitude foi registrada na área mais urbanizada, já no transecto sul-norte a amplitude mais elevada foi registrada na parte final. Ressalta-se que a queda de Tar no trecho final do Tms oeste-leste está relacionada com a precipitação ocorrida no período. O gráfico 44 demonstra a intensidade da ICU.

Gráfico 44: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 03/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

13.2 Tms realizados a partir das 20 horas

O transecto realizado na direção oeste-leste, apresentou a Tar mais elevada no trecho de urbanização mais intensa. A Tar máxima registrada foi 23,8 °C entre os pontos 20 e 22 e também no ponto 24, trecho localizado em área de nível de urbanização D. A Tar mínima registrada foi no último ponto, com 22,7°C, em área de nível de urbanização A. A amplitude máxima foi de 1,1°C. A Uar apresentou o maior registro no ponto 7, com 76,2 % e o menor no ponto 21 com 69%, com uma variação pouco relevante, de apenas 7,2 %. Considerando as temperaturas registradas no transecto, a intensidade da ICU foi, durante todo o percurso de fraca intensidade, conforme demonstrada no gráfico 45.

Gráfico 45: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 03/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O transecto realizado no sentido sul-norte, conforme apresentado no gráfico 46, apresentou Tar mais elevada nos pontos 32 e 33, com registro de 24,1 °C, trecho com nível de urbanização A. A Tar mínima foi registrada entre os pontos 7 e 9, com 22,3 °C, trecho de urbanização B. A amplitude máxima no transecto foi de 1,8 °C. Considerando essa diferença, a intensidade da ICU foi fraca. O gráfico 47 demonstrou o aquecimento do ar a partir do ponto 14, coincidindo com a área de mais intensa urbanização. As Tar permaneceram elevadas até o ponto 34, quando começaram a diminuir. A umidade relativa do ar foi mais elevada no ponto 7, com 77,4 % e mínima no ponto 34 com 69 %, apresentando amplitude de 8,4 %;

Gráfico 46: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 03/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa 28, apontou que a temperatura do ar foi mais elevada, predominantemente, nas áreas mais urbanizadas, quando comparadas com as registradas nas áreas menos urbanizadas. A variação da temperatura e da umidade relativa do ar foram pouco expressivas, contudo os dados indicaram a ocorrência de uma ICU fraca.

Nota-se que nos trechos de cruzamento dos Tms, ocorreu a Tar mais elevada em relação as partes oeste, sul e norte. O cruzamento se dá na parte mais urbanizada, coincidindo com as temperaturas mais elevadas.

Mapa 28: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 02/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Uar variou de acordo com a variação da Tar, sendo mais elevada nas partes que registraram menores temperaturas e mais baixa nas áreas mais aquecidas. O trecho sul foi o que apresentou umidade mais elevada, contudo a variação foi de no máximo 8,4 %. Vale ressaltar que as Uar registradas nos transectos foi sempre superior a 60 %, portanto, mesmo que tenham sido verificadas amplitudes, foram pouco relevantes, conforme demonstrado no mapa 29.

Mapa 29: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados 20 horas do dia 03/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando o gráfico de amplitude térmica, notou-se que a intensidade da ICU foi fraca durante a maior parte dos percursos, chegando a ser nula no final de cada transecto. A maior amplitude no Tms oeste-leste foi de 1,4 °C, enquanto que a maior amplitude registrada no Tms sul-norte foi de 1,1 °C.

A partir do ponto 33 do transecto oeste-leste e 36 do transecto sul-norte, os registros coletados no percurso foram inferiores aos da EMA. Os pontos em questão estão localizados em áreas com pouca ou nenhuma urbanização, de nível de urbanização A, conforme os dados do gráfico 47.

Gráfico 47: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 03/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os Tms do dia 03/01/2020 demonstraram que a intensidade da ICU foi superior no período das 14 horas quando comparado com as 20 horas. Diferentemente do verificado nos transectos de inverno, a intensidade da ICU foi superior no período em que há radiação solar. Várias possibilidades podem explicar essa diferença, como a instabilidade atmosférica, menor amplitude térmica. Ao final dos trajetos noturnos verificou-se Tar inferiores às registradas na EMA, indicando a ocorrência de, em pequeno trecho urbano, áreas mais frescas.

14 Tms em 04/01/2020 – Estação de verão

14.1 Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos.

O Tms oeste-leste apresentou variação de Tar e Uar de acordo com o desenvolvimento do percurso. A Tar mínima foi registrada no ponto 7, com registro de 18,5 °C, em trecho de urbanização de nível B. A Tar máxima foi verificada no ponto 24 e 27, com 19,1 °C, trecho marcado por urbanização D. A amplitude térmica máxima foi de 0,6 °C, apontando uma ICU fraca. A umidade relativa variou de acordo com a temperatura do ar. A mínima umidade relativa registrada foi no ponto 24 com 82,7 %, coincidindo com o ponto de maior temperatura. A maior umidade foi registrada no ponto 5 e 15 com 87,3 %. A amplitude da umidade relativa foi de apenas 4,6%. As maiores temperaturas e menores valores de umidade relativa foram observados na área mais urbanizada, conforme gráfico 48.

Gráfico 48: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 5 horas e 10 minutos em 04/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Tms sul-norte apresentou variação de Tar e Uar conforme o desenvolvimento do percurso. Como verificado no gráfico 48, a Tar foi se elevando conforme a intensificação da urbanização, assim como a Uar diminuiu. A Tar mínima registrada foi verificada nos pontos 7 e 9, marcando 17,6 °C, trecho de nível de urbanização B. Já a temperatura mais elevada foi registrada em 19,7°C, no ponto 25, caracterizado pelo nível de urbanização C. A amplitude térmica foi de 2,1 °C. Considerando a amplitude, verifica-se uma ICU fraca. A Uar foi máxima no ponto 10 em 88% e mínima no ponto 25 em 82,6 %. A amplitude foi de 5,4 %.

A diferença de amplitude térmica relação ao transecto oeste-leste, deve-se, provavelmente, ao fato do transecto sul-norte apresentar um trecho mais longo com pouca urbanização e mais áreas verdes. O gráfico 49 demonstra a variação da Tar e Uar ao longo do Tms.

Gráfico 49: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 05 horas e 10 minutos em 04/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 30 demonstrou que as Tar mais elevadas foram registradas na parte central e norte da área de estudo. A variação foi pequena, apenas 2,1°C no máximo, contudo o suficiente para a ocorrência de uma ICU moderada. O trecho sul apresentou a Tar mais baixa, pois é a área menos urbanizada e com maior área vegetada. A maior amplitude foi registrada no nível de urbanização D, apontando para a ocorrência da ICU coincidindo com a área mais urbanizada.

Mapa 30: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 04/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Uar, como nos Tms anteriores, apresentou seus maiores índices no trecho oeste e sul, coincidindo com as menores Tar registradas. O padrão é constante em todos os Tms, seja no inverno ou no verão, demonstrando que a variação da Uar está, principalmente, relacionada com a Tar. O mapa 31 demonstra a variação da Uar ao longo dos Tms.

Mapa 31: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 02/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao comparar os dados de Tar com os dados coletados pela EMA, nota-se que durante todo o transecto oeste-leste, há ocorrência de uma ICU fraca, com amplitude máxima de 1,5 °C, no ponto 27, ponto com nível de urbanização D. No percurso sul-norte, a ocorrência da ICU foi nula até o ponto 16, sendo que a amplitude máxima foi 1,6 °C no ponto 25, área de transição entre os níveis de urbanização D e C. O gráfico 50 aponta a amplitude térmica ao longo dos Tms.

Gráfico 50: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5 horas e 10 minutos em 04/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No dia 04/01/2020 os Tms registraram pequena variação na Tar e Uar ao longo dos percursos. Contudo, as maiores Tar foram registradas nas áreas mais urbanizadas, caracterizando a ocorrência de uma ICU fraca. No início do Tms sul-norte, as Tar registradas foram menores que as coletadas na EMA, indicando, neste trecho “ilha de frescor urbano” (FIALHO, 2009 p. 111).

15 Tms em 05/01/2020 – Estação de verão

15.1 Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos.

O transecto oeste-leste, realizado em 05/01/2020, apresentou pouca variação de Tar ao longo do percurso, mantendo-se estável. A Tar mínima foi registrada no ponto 42, em 20,2°C, ponto caracterizado com nível de urbanização A. A Tar máxima foi registrada em 7 pontos (18, 19, 30, 31, 32 e 36) em 20,7 °C. Os pontos com registro da Tar máxima possuem níveis de urbanização C e D. A amplitude térmica do transecto foi de apenas 0,5 °C. Embora a variação térmica seja de 0,5°C, tal diferença caracteriza-se como uma ICU fraca. Em relação à umidade relativa do ar, a variação foi pequena. A máxima umidade relativa foi de 89,4 % no ponto 7 e 86,8 % nos pontos 30 e 31, conforme verificado no gráfico 51.

Gráfico 51: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-este as 5 horas e 10 minutos em 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O transecto sul-norte apresentou amplitude térmica mais elevada quando comparado com o de oeste para leste. A Tar foi menos elevada no início do transecto. Tar mais baixa registrada foi de 19,6 °C, em 3 pontos (13, 14 e 15), trecho caracterizado pelo nível de urbanização B e C. A Tar mais elevada foi de 20,9 °C, nos pontos 36 e 37, trecho de nível de urbanização A. A amplitude térmica foi 1,3°C, pouco maior que a do transecto no sentido oeste-leste. A umidade relativa do ar apresentou pouca variação, o maior registro ocorreu em 3 pontos (16, 17 e 18) com 89,6 %. O menor registro foi de 87,4 % no ponto 37, com variação de 2,2 %. O gráfico 52 demonstra as características descritas acima.

Gráfico 52: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 5 horas e 10 minutos em 05/01/2020

O mapa 32, demonstra que nas regiões mais urbanizadas, as temperaturas do ar foram mais elevadas na área central, de cruzamento dos transectos, e menos elevadas nas áreas de início e final dos percursos. Vale ressaltar, que embora diferenças tenham sido registradas, a variação de temperatura máxima, considerando os dois transectos, foi de 1,3 °C. No trecho norte do Tms a Tar foi elevada, mesmo em nível de urbanização A.

Mapa 32: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 33 demonstrou que a umidade foi menor nas áreas mais quentes dos percursos, contudo vale ressaltar que a variação foi muito modesta, apenas 2,2%. Como característico da estação, a Uar esteve elevada durante todos os percursos.

Mapa 33: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando a temperatura da EMA e da registrada nos transectos, a maior amplitude registrada foi de 1,0 °C, caracterizando uma ICU fraca. Contudo, salienta-se que a maior amplitude, registrada no transecto sul-norte, foi no final do percurso, ou seja, em uma área menos urbanizadas. Verificou-se no Tms oeste-leste ICUs moderadas em todo o trajeto, enquanto no transecto sul-norte, a ICU só é percebida a partir do ponto 18, sendo que entre o ponto 1 e 17 ela foi nula, mesmo sendo um trecho em que já há níveis de urbanização consideráveis. O gráfico 53 demonstra as amplitudes térmicas.

Gráfico 53: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 5 horas e 10 minutos em 05/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

15.2Tms realizados a partir das 14 horas.

No Tms de oeste-leste, a Tar apresentou pouca variação, sendo mais elevada nas áreas urbanizadas. A Tar máxima foi registrada em 30°C, nos pontos 30 e 31, trecho com nível de urbanização C. A Tar mínima foi registrada no ponto 34, com 28,1°C, com nível de urbanização C. A amplitude térmica foi de 1,9 °C. A Uar variou 7,6 %, sendo registrada em 59 % no ponto 26 e 66,6 % no ponto 34, ponto com menor Tar registrada. Com base no gráfico 54, notou-se queda de Tar entre o ponto 31 e o 34.

Gráfico 54: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 05/01/2020

Elaborado pelo autor.

No Tms sul-norte, a Tar foi mais elevada na região mais urbanizada, com queda conforme o fim do percurso. A Tar mais elevada foi de 29,8 °C no ponto 24, com nível de urbanização D. A Tar mínima foi de 28,0 °C no ponto 38, com nível de urbanização A. A amplitude térmica foi de 1,8 °C. A Uar foi mínima no ponto 28 com 59,3 % e seu registro máximo em 69,2 % no ponto 38. Conforme verificado no gráfico 56, a Tar apresentou queda entre os pontos 32 e 36, conforme apresentado no gráfico 55.

Gráfico 55: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 03/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 34 demonstra que as áreas com Tar mais elevada se encontram na porção central da área de estudo, corroborando para a identificação da ICU. A parte oeste apresentou Tar semelhante à observada no centro. O norte, leste e sul da área de estudo apresentaram Tar inferiores as do centro, coincidindo com o uso e ocupação do solo, pois menos urbanizadas apresentaram temperaturas inferiores.

Mapa 34: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Uar apresentou pouca variação entre os pontos, contudo registrou os menores valores na parte central da área de estudo e foi mais elevada na parte norte, sul e leste.

Há, notadamente, uma relação, neste caso, da variação da Tar com o índice de Uar, pois sua elevação não está diretamente relacionada ao aumento da vegetação, pois a parte norte é marcada por áreas de agricultura. O mapa 35 apresenta as características higrométricas dos trajetos.

Mapa 35: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 5 horas 10 minutos do dia 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico 56 demonstra que, na maior parte dos transectos, ocorreu ICU fraca. No final de ambos transectos, a ICU passou a ser nula, demonstrando que, mesmo com menor intensidade em condições de verão, a área mais urbanizada é mais aquecida quando comparada com o entorno menos urbanizado. A maior amplitude foi de 1,3 °C. O nível de urbanização em que a ICU foi nula foi o A.

Gráfico 56: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 05/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

15.3Tms realizados a partir das 20 horas

O transecto realizado no sentido oeste-leste apresentou elevação da Tar de acordo com o desenvolvimento do percurso. A partir do ponto 16 a elevação da temperatura ocorreu e se manteve até próximo ao fim do transecto, já em área menos urbanizada. O menor registro da Tar foi de 21,2 °C no ponto 7, caracterizado pelo nível de urbanização B. Já o maior registro da Tar foi de 22,8 °C nos pontos 31, 33 e 36, trecho caracterizado pelo nível de urbanização C. A amplitude térmica foi de 1,6°C. A Uar variou de acordo com a Tar, sendo o maior registro 86 %, no ponto 6 e o menor registro 78,1 no ponto 33, que também registrou a temperatura mais elevada, conforme registrado no gráfico 57.

Gráfico 57: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 05/01/2020

No transecto sul-norte, a Tar se elevou a partir do ponto 14, momento em que há uma transição de uma área menos urbanizada para outra mais urbanizada. A temperatura mais baixa foi de 20,6 °C, registrada nos pontos 7 e 8, trecho de transição entre o nível A e B de urbanização. Já a Tar mais elevada foi registrada nos pontos 31 e 32, em 22,6°C, trecho entre os níveis de urbanização C e A. A amplitude térmica do transecto foi de 2°C. A variação da Uar esteve condicionada à variação da Tar, pois como observado no gráfico, conforme a Tar aumentou a Uar diminuiu. O maior registro de umidade relativa foi no ponto 10, com 88,3 %. O menor registro foi de 80,5 % no ponto 36, conforme demonstrado no gráfico 58.

Gráfico 58: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 20 horas em 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 36 demonstrou que a parte central e leste da área de estudo, apresentaram as mais elevadas Tar. A amplitude térmica dos transectos foi de 2°C no máximo, contudo verifica-se a ocorrência de uma ICU fraca na parte central e leste. A Tar mais baixa foi no trecho sul, área de menor urbanização.

Mapa 36: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Uar variou apenas 7,9 % e foi elevada em todo os percursos. No mapa 37, verifica-se que a Uar foi menos elevada nas regiões mais aquecidas, obedecendo a relação de quanto maior a temperatura menor a umidade relativa. A parte sul, com menores temperaturas, apresentou a maior umidade relativa do ar.

Mapa 37: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 05/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amplitude térmica nos transectos em relação a EMA configurou a ocorrência, em alguns trechos, de uma ICU fraca. No transecto sul – norte, na parte sul do percurso, o fenômeno foi nulo. A máxima amplitude foi de 1,4 °C. Conforme verificado no gráfico, a Tar, na área urbana, foi levemente superior as outras áreas, demonstrando, mesmo que de forma modesta, o aquecimento do ar. O gráfico 59 demonstra a amplitude nos Tms.

Gráfico 59: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 120 horas em 05/02/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos Tms realizados em 05/01/2020 verificou-se a ocorrência de ICU de fraca magnitude em todos os horários, com a ocorrência de ilhas de frescor durante a tarde e à noite no início do trajeto sul-norte. As variações de Tar não superaram 2°C e a variação da Uar não foi superior a 10%. Como nos Tms anteriores, as mais elevadas Tar foram registradas nas áreas mais urbanizadas, de níveis C e D.

16 Tms em 09/01/2020 – Estação de verão

16.1 Tms realizados a partir das 14 horas.

O transecto oeste-leste apresentou a maior variação de Tar, em relação aos transectos anteriores. A maior Tar registrada foi de 33,1 °C no ponto 30, trecho com nível de urbanização D. A menor Tar foi registrada em 30,6 °C no ponto 7, trecho com nível de urbanização A. A amplitude térmica foi de 2,5 °C. A maior Tar foi registrada entre os pontos 17 e 38, trecho com variação de urbanização entre os níveis C e D. A Uar foi de 54% no ponto 29 e 33. A maior Uar foi registrada em 63,8 %, no ponto 2. A região mais urbanizada e com temperaturas mais elevadas apresentaram as menores taxas de umidade relativa, conforme verificado no gráfico 60.

Gráfico 60: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 14 horas em 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O transecto sul-norte apresentou variação de Tar e Uar de acordo com o desenvolvimento do transecto. A Tar máxima foi registrada no ponto 26 em 33,9 °C, caracterizado por ser um ponto com nível de urbanização C. A mínima foi registrada em 30,5 ° nos pontos 9 e 13, trecho com nível de urbanização B. A amplitude de 3,4 ° C foi a maior de todos os transectos realizados na estação de verão. Considerando as temperaturas registradas no transecto, a ICU foi moderada. A umidade relativa do ar variou 12,1 %, registrando 53,3% no ponto 27 e 65,4% no ponto 1. A variação foi mais intensa conforme o aumento da temperatura do ar registrada, conforme o gráfico 61.

Gráfico 61: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto sul-norte as 14 horas em 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 38 apresenta a ocorrência da ICU, de moderada intensidade, na parte central e mais urbanizada da área de estudo. Os trechos iniciais e finais dos Tms apresentaram Tar mais baixas em relação à área central. Diferentemente do verificado nos Tms realizados no inverno, a maior intensidade da ICU foi registrada as 14 horas.

Mapa 38: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 39 apresenta a distribuição da umidade relativa do ar, sendo que os maiores valores ocorreram na parte oeste e sul, onde as temperaturas foram menores. A área mais urbanizada registrou os menores índices de umidade relativa, embora a amplitude não tenha superado 12,1%.

Mapa 39: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 14 horas do dia 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amplitude térmica entre Tar registrada nos transectos e na EMA, apresentaram valores semelhantes aos registrados considerando os dados dos transectos. As maiores amplitudes foram registradas na região mais urbanizada, com máximo de 3,4 °C. Vale ressaltar que o transecto Sul-Norte apresentou temperaturas mais baixas até o ponto 15 em comparação com a EMA, sendo nula nesse trecho.

Em todos os transectos realizados no verão, o presente foi realizado sobre maior intensidade de radiação solar e menos nebulosidade. As maiores amplitudes ocorreram em áreas com níveis de urbanização C e D, conforme verificado no gráfico 62.

Gráfico 62: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 14 horas em 09/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

16.2 Tms realizados a partir das 20 horas.

O transecto oeste-leste apresentou variação de Tar e Uar ao longo do percurso. As temperaturas mais elevadas foram verificadas nas áreas de urbanização mais elevada. A Tar máxima foi de 27,8 °C no ponto 15, área de nível de urbanização B. A Tar mais baixa foi de 25,6°, no ponto 46, área com urbanização de nível A. A amplitude térmica foi de 2,2°C.

A Uar apresentou pouca variação, com amplitude 9,4 %, sendo a mínima registrada no ponto 20 em 71,4 % e a máxima no ponto 6 em 80,8%. O gráfico 63 demonstra a variação da Uar e Tar ao longo do trajeto.

Gráfico 63: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Tms sul-norte ocorreram variações de Tar e Uar ao longo do percurso. A Tar mais elevada foi registrada no trecho mais urbanizado. A temperatura mais elevada foi registrada nos pontos 21 e 22, em 27,3° C, caracterizado pelo nível de urbanização D. A Tar mais baixa foi registrada em 25,5° C no ponto 6, ponto caracterizado pelo nível de urbanização A. A amplitude térmica foi de 1,8 °C. A Uar apresentou pouca variação, com amplitude de 9,8%. O ponto 9 apresentou o maior registro, em 83,2 %, enquanto que o menor registro foi verificado no ponto 21, em 73,4 %, conforme gráfico 64.

Gráfico 64: Variação da temperatura e umidade relativa do ar no transecto oeste-leste as 20 horas em 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 40 apresentou a Tar mais elevada nas partes central e oeste, sendo que nas partes sul, leste e norte as temperaturas foram menos elevadas. Diferente do que foi constatado em outros horários e dias, a área com Tar mais elevadas foi trecho oeste do transecto. Contudo, a área central também apresentou valores de temperatura mais elevados em relação às partes sul, norte e leste, como nos dias anteriores.

A amplitude térmica foi 1,8°C no transecto sul-norte e 2,2°C para Oeste-Leste.

Mapa 40: Temperatura do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa 41 apresenta valores de Uar mais elevados no setor sul, onde foram verificadas as temperaturas mais baixas registrada. Seguindo o padrão, em relação aos outros transectos, a umidade relativa sempre variou de acordo com a variação da Tar. Os pontos com maior taxa de Uar localizam-se em áreas com níveis de urbanização de nível A e B, coincidindo com a variação da Tar.

Mapa 41: Umidade relativa do ar ao longo dos Tms realizados as 20 horas do dia 09/01/2020

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amplitude térmica foi de no máximo 1,2°C, caracterizando uma ICU fraca. As temperaturas foram superiores em áreas mais urbanizadas em detrimento as áreas menos urbanizadas. Parte dos transectos apresentaram Tar inferiores às registradas na EMA, caracterizando, nestes trechos, ICU nula, conforme pode ser visualizado no gráfico 65. Vale ressaltar que a ICU ocorreu em trechos de níveis de urbanização C e D, ou seja, somente nas áreas mais urbanizadas foi possível verificar o fenômeno, mesmo que de maneira modesta e fraca.

Gráfico 65: Intensidade da ICU nos transectos iniciados as 20 horas em 09/01/2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os Tms de 09/01/2020 apresentaram resultados até então inéditos, pois a ICU mais intensa ocorreu exatamente no transecto da tarde, situação não ocorrida até então. O dato é interessante, pois nos estudos com uso de Tms no período da tarde, Fialho (2009), verificou a maior intensidade da ICU no período noturno. Corroborando com o fato de a ilha de calor atingir seu máximo de intensidade no período noturno (AMORIM et al, 2015 p. 33). Além disso, no período noturno, verificou-se que o transecto sul- norte teve a maior parte do seu trajeto registrando temperaturas inferiores as da EMA, caracterizando, novamente e com maior intensidade uma Ilha de Frescor.

Para melhor visualização dos resultados e intensidades da ICU nas diferentes estações, foi feito um compilado nas tabelas 8 e 9 dos resultados obtidos, considerando a metodologia proposta por Garcia (2013) para determinar a intensidade da ICU. Fica claro que a ICU é mais intensa e frequente no inverno em comparação ao verão. Foram considerados os dados predominantes de cada horário.

A partir dos resultados obtidos nas coletas de dados realizadas em julho de 2019, nos dias 18, 19 e 20 e em janeiro de 2020, nos dias 2, 3, 4, 5 e 9, contrastou-se a ocorrência de ICUs em ambas estações, com maior intensidade no mês de julho. Algo esperado, conforme verificado em trabalhos com a mesma metodologia (SILVA et al 2018; SUN et al. 2011 e 2019; DIHKAN et al. 2018; FIALHO, 2009; AMORIM, 2005; SUN et al. 2009; DORIGON, 2015 e TAHA et al. 2018) ou mesmo trabalhos que utilizaram metodologias diferentes como (SOUZA 2010; BARBOSA 2009; DORIGON 2015), entre outros, registraram Tar mais elevadas de acordo

com o grau de urbanização em que a coleta foi realizada. Em Taubaté não foi diferente, pois em todos os percursos noturnos, as temperaturas do ar mais elevadas foram registradas em áreas mais urbanizadas.

Tabela 8: Intensidade da ICU de acordo com os horários dos Tms – inverno.

Data	Hora	Intensidade predominante da ICU
18/07/2019	5h10 m	
18/07/2019	14 horas	
18/07/2019	20 horas	
19/07/2019	5h10 m	
19/07/2019	14 horas	
19/07/2019	20 horas	
20/07/2019	5h10 m	
20/07/2019	14 horas	
20/07/2019	20 horas	

	Intensidade da ICU
	Fraca
	Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9: : Intensidade da ICU de acordo com os horários dos Tms – verão.

Data	Hora	Intensidade predominante da ICU
02/01/2020	5h10 m	
03/01/2020	14 horas	
03/01/2020	20 horas	
04/01/2020	5h10 m	
05/01/2020	5 h 10 m	
05/01/2020	14 horas	
05/01/2020	20 horas	
09/01/2020	14 horas	
09/01/2020	20 horas	

	Intensidade da ICU
	Fraca
	Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

17 CONCLUSÃO.

O presente trabalho teve como objetivo principal verificar a ocorrência de Ilha de Calor urbana no município de Taubaté e constatou-se que há a ocorrência de ICU, principalmente nas áreas mais urbanizadas, de níveis C e D, em comparação com áreas menos urbanizadas. Em todos os dias em que foram realizados Tms, foram registradas diferenças de Tar e Uar ao longo dos Tms.

Os Tms realizados em diferentes estações demonstraram que a ocorrência de ICU é mais intensa e frequente na estação de inverno. Embora, em ambas estações apresentem variações, no inverno as diferenças de Tar são mais elevadas. Além disso, as condições atmosféricas mais estáveis, no inverno, permitiram avaliar de forma mais nítida a ocorrência das diferenças de

Tar, enquanto que no verão, somente o dia 09/01/2020 apresentou estabilidade por todo o dia. A nebulosidade e a precipitação ocorrida nos Tms de verão, podem ter contribuído para as diferenças de resultados.

A análise da ocorrência da ICU em diferentes horários: as 5 horas e 10 minutos, para analisar o período em que são registradas, geralmente as mínimas temperaturas do ar. As 14 horas, período que comumente ocorrem as máximas temperaturas do ar e as 20 horas, período em que a perda de calor está ocorrendo e que comumente ocorrem os momentos mais intensos da ICU (AMORIM, 2015), apresentaram resultados distintos. Durante os Tms realizados no inverno, as maiores intensidades de ICU foram verificadas nos horários das 20 horas e das 5 horas e 10 minutos. Mesmo após várias horas sem radiação solar incidindo, foram detectadas ICU pouco antes do nascer do Sol. Os Tms das 14 horas, durante o inverno, apresentaram intensidades de ICU mais fracas e menor diferença entre as Tar dos Tms.

Durante os Tms de verão, as intensidades da ICU foram fracas, com exceção do dia 09/01/2020, as 14 horas, em que foi registrada uma intensidade moderada nas áreas mais urbanizadas. Normalmente, a ICU ocorre no período noturno, mas no verão, a maior intensidade da ICU coincidiu com o horário das Tar mais elevadas. Nos Tms noturnos foram registradas ICUs nas áreas mais urbanizadas, bem como ilhas de frescor nos trechos menos urbanizados, diferentemente do constatado no inverno, onde os valores de Tar foram predominantemente superiores aos registrados na EMA.

A análise da ICU considerando o uso do solo demonstrou forte relação da variação da Tar de acordo com o nível de urbanização. Os locais mais urbanizados apresentaram as Tar mais elevadas em comparação aos locais menos urbanizados. Tal resultado era esperado, considerando que tal situação ocorre em cidades de diferentes latitudes.

Os dados de Uar demonstraram intensa relação com as variações ocorridas nos dados de Tar. Nas áreas mais urbanizadas, com Tar mais elevada, os valores de Uar sempre foram menores se comparados com os registrados em localidades menos urbanizadas. Embora a Uar possa ser influenciada pela vegetação, no presente estudo ficou muito claro sua relação direta com a variação da Tar, principalmente.

A proposta de analisar a intensidade da ICU, considerando os dados da EMA foi muito importante, pois pôde demonstrar que ao longo dos transectos, dependendo do trecho, podem ocorrer ICU de intensidade forte e também ilhas de frescor. Os dados obtidos permitiram verificar que, em qualquer horário, tanto durante o inverno quanto no verão, a ICU ocorre na área urbana. Em relação às intensidades das ICUs, compreende-se que foram mais intensas em condições de inverno onde há pouca ou nenhuma nebulosidade, elevada amplitude térmica no

dia e estabilidade atmosférica. No verão, as ICUs, embora presentes, são predominantemente fracas, demonstrando que em condições de instabilidade, nebulosidade e pequena amplitude térmica diária, a ocorrência de ICU's é pouco significativa. Tal verificação permitiu melhor entendimento sobre as características climáticas locais, bem como da ocorrência da ICU.

A espacialização dos dados nos mapas de Tar e Uar demonstraram que as áreas mais quentes foram verificadas nas áreas mais urbanizadas e que as características higrícas estiveram relacionadas com a variação da Tar. A variação da Uar, durante o verão, foi pequena em comparação aos dias de inverno, pois a amplitude térmica é menor, além do fato de que durante o verão a umidade relativa do ar é mais elevada. Contudo, as pequenas variações estiveram relacionadas com a variação da Tar e do nível de urbanização, como verificado em São Luís por Pinheiro (2018).

Portanto, pode-se afirmar que as ICUs estão presentes na área urbana do município de Taubaté, conforme comprovado pelos dados coletados, contudo com maior evidência em condição de inverno do que durante o verão.

18. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABREU, M. M. Taubaté: de núcleo irradiador de bandeirismo a centro industrial e universitário do Vale do Paraíba. Taubaté. Editora Santuário, 1991.
- AB´SABER, Aziz Nacib. As “Ilhas” de Cerrado das Bacias de Taubaté, São Paulo e Atibaia. Cadernos de Ciências da Terra, 6. IG-USP. São Paulo. p 24-29, 1970.
- AB´SABER, Aziz Nacib. Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALCOFORADO, M. J. : ANDRADE, H. Nocturnal urban heat island. In Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts. Theoretical and applied climatology, Viena. V. 84 n. 1 – 3, p. 151 – 159, 2006.
- ALEXANDRINO, F. I. G. Ilhas de calor e o caso de dengue em Taubaté. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia, UNESP, Guaratinguetá, 2017.
- ALVES, E. D. L. Análise das influências geourbanas no clima urbano da cidade de Iporá – Goiás. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 2016.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Koppen’s climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift,, Stuttgart, v. 22, ed. 6, p. 711-728, 2014. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 21 mar. 2019.
- AMORIM, M.C. C. T. O clima urbano de Presidente Prudente – SP. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, USP, 2000.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de Calor em Birigui – SP. Revista brasileira de climatologia. Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p, 121 – 130, 2005.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. Mercator, Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará. Pg 71 a 90, 2010.
- AMORIM, M. C. C. T.; DUBRUIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) – Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 16, n. 1, p. 1-17, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v16i0.40585>
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. Revista Brasileira de Climatologia, ano 15 – Ed. Especial - XIII –Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Juiz de Fora – MG. 2019.
- AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano: Concepções Teóricas, metodologias, aplicações e perspectivas. Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada. Teresina – PI, 2015.
- ANDRADE, L. L.; SOUZA, L.H; SAKURAGI, J.; CASTRO, R. M. Estudo das ilhas de calor na cidade de São Jose dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HS. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. Florianópolis, 2007.

ARMANI, G.; PEREIRA, C. L.; CHRISTOFOLETTI, S. R. Padrões de cobertura do uso da terra e sua influência na temperatura do ar em Rio Claro, SP. *Revista do Instituto Geológico* v. 36 n. 1. 2015.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 14, p. 116-122, 2006

ANUNCIAÇÃO, V. S.; SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano da cidade de Campo Grande – MS. In: SANT'ANNA NETO, J. L. (org). *Os climas das cidades brasileiras: São Luiz (MA), Aracajú (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP): Unesp – Presidente Prudente*, 2002.

BARBOSA, R. V. R. Estudo do campo térmico urbano de São Carlos (SP): análise da intensidade da ilha de calor urbano em episódio climático de verão. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2009.

BARROS, H. R. A relação entre a Ilha de Calor Urbana, o uso e cobertura do solo e o balanço de energia no município de São Paulo: avaliação do campo térmico nos parques públicos de lazer. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP. São Paulo, 2016.

BETCHEL, Benjamin *et al.* SUHI analysis using Local Climate Zones: A comparison of 50 cities. *Urban Climate*, [s. l.], 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.01.005>. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/urban-climate>. Acesso em: 12 jan. 2021.

BORSATO, Victor da Assunção; MENDONÇA, Francisco de Assis. A PARTICIPAÇÃO DA MASSA TROPICAL ATLÂNTICA NO ESTADO DO TEMPO NO CENTRO SUL DO BRASIL. *Revista Geonorte*, Manaus, v. 8, n. 3, p. 293-304, out. 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2358>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BARRY, Roger G.; CHORLEY, Richard J. *Atmosfera, tempo e clima*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512 p.

BUNGE, Mário. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires. Ed. Siglo Veinte, 1974

CARVALHO, Ancilla Maria Almeida de et al. Delimitação do Embasamento da Bacia de Taubaté. *Revista do Instituto de Geociências - USP*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 19-32, 2011. Disponível em: <http://sites.igc.usp.br/geologiausp/>. Acesso em: 9 dez. 2019.

CESAR JUNIOR, C. E. M. *Conhecendo Taubaté – uma análise urbana*. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária, 2013.

CHANDLER, T. J. *The climate of London*. University of London. Hutchinson & CO, 1965.

COLTRI, P. P. Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e sensoriamento remoto. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP. Piracicaba, 2006.

COSTA, S.L. *Taubaté: o local e o global na construção do desenvolvimento*. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária, 2005.

DIHKAN, Mustafa et al. Evaluation of urban heat island effect in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, [s. l.], v. 11, ed. 186, p. 1-20, 2018. DOI [/doi.org/10.1007/s12517-018-3533-3](https://doi.org/10.1007/s12517-018-3533-3).

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12517-018-3533-3#citeas>. Acesso em: 22 ago. 2019.

DORIGON, Larissa Piffer. Clima urbano em Paranavaí/PR: Análise do espaço intraurbano/ Dissertação – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2015. 126 f.

Dubreuil, Vincent, et al. “Os tipos de climas anuais no Brasil : uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015”. *Confins*, no 37, setembro de 2018. DOI.org (Crossref), doi:10.4000/confins.15738.

FIALHO, E.S. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geografia Física, USP. São Paulo, 2009.

FIALHO, E. S. Ilha de Calor. Reflexões acerca de um conceito. *ACTA Geográfica*. Ed. Esp. Climatologia Geográfica, Boa Vista. 2012 pp 61-76.

FOLHES, Marcelo Teophilo; FISCH, Gilberto. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 61-71, 2006. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/index>. Acesso em: 15 maio 2019.

GALVANI, E.; AZEVEDO, T.R. (2012) A Frente Polar Atlântica e as características de tempo associadas: estudo de caso. *Textos do Laboratório de Climatologia e Biogeografia – Departamento de Geografia / FFLCH / USP – Série TA – Texto 018* disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/inferior/laboratorios/lcb/az/TA018.pdf>, consultado em 07/05/2018.

GARCIA, Maria Judite. Palinologia de turfeiras quaternárias do médio vale do Rio Paraíba do Sul. Tese de doutorado, Instituto de Geociências– USP. São Paulo, 1994.

GARCIA, Felipe Fernández et al. La Isla de Calor en Madrid Durante Los Periodos Cálidos: Evaluacion de Impactos Y Propuestas de Actuación. In: ANGULO, Julio Vinuesa et al. Reflexiones a propósito de la revisión del Plan General de Madrid. 1. ed. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; Grupo TRyS, 2013. cap. II, p. 229-253. ISBN 84-695-8386-7; 978-84-695-8386-9

GARTLAND, I. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo. Oficina de Textos, 2010.

HORIKOSHI, Andréa Sanae; FISCH, Gilberto. Balanço hídrico anual e cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 33-46, 2007. DOI 10.4136/1980-993X. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/index>. Acesso em: 15 maio 2019.

JATOBÁ, Sérgio Ulisses Silva. URBANIZAÇÃO, MEIO AMBIENTE E VULNERABILIDADE SOCIAL. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental, Brasília - Df*, v. 5, p. 141-148, jan. 2011. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf. Acesso em: 26 abr. 2021.

LANDESBURG, H.E.; The climate of Towns in Thomas, W.L. org (1956) *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. Vol2, pp 584- 606; traduzido por AZEVEDO, T. R. publicado na Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo nº 18, 2006.

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo. São Paulo, Editora Hucitec. 1985.

LUCENA, A. J.; FILHO, O. C. R.; PERES, L. F.; FRANÇA, J. R. A. A evolução da ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro. *Revista Geonorte*, Edição especial 2, v. 2, n. 5, p. 8-21, 2012.

MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I.M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. *Clima Urbano* (Tese 1976). Editora Contexto. São Paulo, 2003.

NAGEL, Ernest. *Ciência, Natureza e Objetivo*. In: MORGENBESSER, Sidney. *Filosofia da Ciência*. São Paulo. Cultrix. 1975. pp. 13-24

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, SUPREM (Superintendência de recursos naturais e meio ambiente), 1979.

OKE, T. *Boundary Layer Climates*. Second edition. Abingdon. 2º Ed. Taylor & Francis Library, 2002.

OKE, Timofhy R. *et al. Urban Climates*. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 519 p. ISBN 978-1-107-42953-6.

PERIN, Edenir Bagio et al. INTERPOLAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO: Revisão dos métodos mais eficientes. *Revista Geografia*, Rio Claro, v. 40, n. 2, p. 269-289, 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo>. Acesso em: 8 out. 2019.

PINHEIRO, Juarez Mota. *Clima urbano da cidade de São Luís do Maranhão*. 2018. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidad de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/T.8.2019.tde-13022019-160256. Acesso em: 2019-12-10.

RAMPANELLI, Angela Maria et al. Recursos Naturais da bacia sedimentar de Taubaté como fator de desenvolvimento socioeconômico: Um estudo aplicado aos municípios de Taubaté e Tremembé, Estado de São Paulo. *Revista de Geociências - UNESP*, São Paulo, v. 30, ed. 3, p. 327-343, 2011. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/>. Acesso em: 10 fev. 2019.

RAMPAZZO, L. *Metodologia Científica: para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação*. São Paulo. Editora Loyola, 2004.

RIBEIRO, Ítalo Franco. *Mobilidade do capital e estratégias territoriais: perfil produtivo e a dinâmica espacial da atividade industrial em Taubaté-SP*. Dissertação de Mestrado. UNESP - Presidente Prudente, 2015

- ROMERO, C. W. S. Uso e ocupação do solo em áreas com ilhas de calor na cidade de Ilha Solteira – SP. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia – UNESP. Ilha Solteira, 2016.
- ROSS, J. L. S. Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo. Oficina de Textos, 2006.
- ROSS, J. L. S. e MOROZ, I. C. *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo*. São Paulo, DG-FFLCH-USP, IPT, FAPESP, 1997.
- SANTOS, M. A urbanização brasileira. São Paulo. Editora HUCITEC Ltda., 1993.
- SAYDELLES, A. P. Estudo do campo térmico e das ilhas de calor em Santa Maria – RS. Dissertação, Programa de Pós-graduação em geografia e geociências. UFSM, 2005.
- SILVA, F. B. Estudo da ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro: Aspectos das circulações locais com utilização do modelo atmosférico BRAMS. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, COOPE, UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.
- SILVA, L. T.; TOMMASELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano de Penápolis – SP: um episódio de Inverno. In: SANT’ANNA NET, J. L. (org.). Os climas das cidades brasileiras: São Luiz (MA), Aracajú (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP): Unesp – Presidente Prudente, 2002.
- SILVA, Valdiney José et al. Mobile Transect for indentification of intra-urban heat island in Uberlandia, Brazil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 13, n. 4, ed. 2187, p. 1-9, 2018. DOI 10.4136/ambi-agua.2187. Disponível em: www.ambi-agua.net. Acesso em: 11 set. 2019.
- SOUZA, M. B. Influência de lagos artificiais no clima local urbano: estudo de caso de Presidente Epitácio (SP). Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP. São Paulo, 2010.
- SOUZA, D. O. Influencia da Ilha de Calor urbana nas cidades de Manaus e Belém sobre o microclima local. Tese (Doutorado em Meteorologia). INPE, São José dos Campos, 2012.
- SUN, Chen-YI et al. Desert heat island study in winter by mobile transect and remote sensing techniques. *Theoretical and Applied Climatology*, Viena, v. 98, p. 323-335, 2009. DOI <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0120-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-009-0120-2#citeas>. Acesso em: 14 set. 2019.
- SUN, Chen-YI et al. Application of low-cost sensors for urban heat island assessment: A case study in Taiwan. *Sustainability*, Taiwan, v. 11, n. 2759, p. 1-12, 2019. DOI 10.3390/su11102759. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/10/2759>. Acesso em: 16 ago. 2019.
- SUN, Chen-YI. A street thermal environment study in summer by the mobile transect technique. *Theoretical and Applied Climatology*, Taiwan, 2011. DOI 10.1007/s00704-011-0444-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0444-6>. Acesso em: 1 dez. 2019.
- THAHA, Haider et al. Air-Temperature Response to Neighborhood-Scale Variations in Albedo and Canopy Cover in the Real World: Fine-Resolution Meteorological Modeling and Mobile Temperature Observations in the Los Angeles Climate Archipelago. *Climate*, [s. l.], v. 6, n. 53, ed. 2, p. 1-25, 2018. DOI <https://doi.org/10.3390/cli6020053>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/6/2/53>. Acesso em: 14 set. 2019.

TARIFA, J.R. A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos. Climatologia – IGEO/USP, 11: 25 P. 1981.

TROPPEMAIR, Helmut. (2000). Geossistemas e geossistemas paulistas. Rio Claro: IGCE UNESP, 2000.

VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. Meteorologia e climatologia. 2. ed. atual. Brasília: Gráfica e Editora Pax, 2001. 532 p.

VIDAL, Alexandre Campana et al. Distribuição de arenitos na bacia de Taubaté - SP. Revista de Geociências - UNESP, São Paulo, v. 23, ed. 1/2, p. 55-66, 2004. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/>. Acesso em: 8 jan. 2019.

PRB (Population Reference Bureau). Disponível em: www.prb.org> acessado em 20 de outubro de 2019.

EMBRAPA - DAEE, 2019, série histórica de 1940 a 1970. Disponível em <https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/resultados/sp/486/balanco.html>. Acessado em 17 de junho de 2019.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355410&search=sao-paulo|taubate>. Acessado em 12 de janeiro de 2017.

Organização das Nações Unidas (ONU). Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>. Acessado em 09/12/2019.

Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica <https://www.redemet.aer.mil.br/?i=produtos&p=imagens-de-satelite>. Acessado em 29/12/2019.